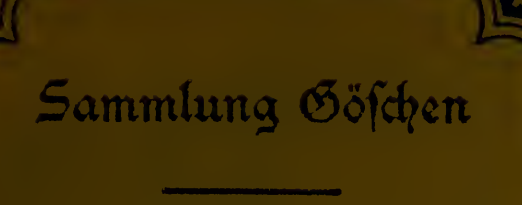


Tierkunde

von

Dr. Franz v. Wagner

Mit 78 Abbildungen

Sammlung Göschen. Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

32 **Deutsche Heldensage** von Dr. O. L. Jiriczek. Mit 5 Taf. 2. Aufl.

33 **Deutsche Geschichte** im Mittelalter von Dr. F. Kurze.

36 **Herder, Cid.** Herausg. von Dr. E. Naumann.



... **anorganische** ... Klein.

... **organische** von ... in.

... **chule** mit 17 Tafeln in Ton-, Farben- und ... 200 Voll- und Textbildern ... mich. 3. Auflage.

... **e Poetik** von Dr. K. Borinski.

... **rie** von Prof. Mahler. Mit 115 zweifarb. Fig.

... **ichte der Mensch-** ... M. Hörnes. Mit 48 Abbildgn.

... **te des alten ... landes** von Prof. Dr. Fr. Hommel. ... rn und 1 Karte.

... **anze,** ihr Bau u. ihr Leben v. Dr E. Dennert. ... ildungen. 2. Aufl.

... **he Altertums-kunde** von Dr. Leo Bloch. Mit 7 Vollbildern.

46 **Das Waltharilied** im Versmaße der Urschrift übersetzt u. erl. v. Prof Dr. H. Althof.

47 **Arithmetik u. Algebra** von Prof. Dr. H. Schubert.

48 **Beispielsammlung zur** „Arithmetik u. Algebra" von Prof. Dr. H. Schubert.

49 **Griechische Geschichte** von Prof. Dr. H. Swoboda.

50 **Schulpraxis** von Schuldirektor R. Seyfert.

51 **Mathem. Formelsammlung** v. Prof. O. Bürklen. Mit 17 Fig.

52 **Römische Litteraturgeschichte** von Herm. Joachim.

53 **Niedere Analysis** von Dr. Benedikt Sporer. Mit 5 Fig.

54 **Meteorologie** von Dr. W. Trabert. Mit 49 Abbild. und 7 Tafeln.

55 **Das Fremdwort im** Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul.

56 **Dtsche. Kulturgeschichte** von Dr. Reinh. Günther.

57 **Perspektive** v. Hans Freyberger. Mit 88 Fig.

58 **Geometrisches Zeichnen** von Hugo Becker. Mit 282 Abb.

59 **Indogermanische** Sprachwissenschaft von Prof. Dr. R. Meringer.

60 **Tierkunde** v. Dr. F. von Wagner. Mit 1 Tafel u. 78 Abb.

61 **Deutsche Redelehre** v. Hans Probst.

Urteile der Presse über „Sammlung Göschen".

Lehrerzeitg. f. Thüringen u. Mitteldeutschland: Diese **dauerhaft** und **elegant gebundenen** kleinen Bücher mit dem sehr handlichen Format 16/11 cm sind, wie aus obiger Aufzählung hervorgeht, für Gymnasien, Realschulen, Lehrerseminare, höhere Mädchenschulen und verwandte Anstalten bestimmt. Die von berufenster Seite geschriebenen Einleitungen und Anmerkungen, die im einzelnen (Band 7—10) getroffene Auswahl, nicht minder der sorgfältige, saubere Druck

verdienen **volle Anerkennung.** Es ist ein **dankenswertes Unternehmen** der Verlagshandlung, in dieser **wirklich schönen Ausstattung gediegene Schulbücher** auch für andere Unterrichtsgegenstände mit erscheinen zu lassen, wie die bekannte, durch den Neubearbeiter noch anschaulicher gewordene **Astronomie von Möbius.** Der Preis ist sehr gering.

Südd. Bl. f. höh. Unterr.-Anst.: Nachdem die zwei ersten Auflagen von Nr. 10 der Göschenschen Sammlung (Nibelungen und Kudrun in Auswahl) beifällige Aufnahme und sehr raschen Absatz gefunden haben, sind Herausgeber und Verleger übereingekommen, **diese Nummer in zwei Bändchen zu zerlegen:** a) **Der Nibelunge Nôt** rc. b) **Kudrun und Dietrichepen.** Dadurch ist es möglich geworden, den Text zu vermehren und ihn, sowie das Wörterbuch, mit größeren Lettern zu drucken . . . . Wir zweifeln nicht, daß die vorgenommene Aenderung, die gewiß den Wünschen vieler Schulmänner entgegenkommt, dieser Einleitung in das mittelhochdeutsche Schrifttum viele neue Freunde zuführen wird.

Deutsche Lehrerzeitg., Berlin: In knappster, aber doch allgemein verständlicher Form bietet uns **Dr. Fraas** die **Geologie.** Besonders aber hat uns das 14. Bändchen, welches die **Psychologie und Logik** enthält, ungemein angesprochen. **Elsenhans** versteht es, für diesen Lehrgegenstand Interesse zu erregen. Wer größere Werke nicht durchzunehmen vermag, wer halb Vergessenes auffrischen will, wer in Kürze Logik und Psychologie in den Grundzügen in leicht faßlicher Weise sich aneignen will, der greife zu diesem Büchlein. Er wird's nicht bereuen. **Lessings Philotas,** der bekanntlich in antikem Gewand den Geist des siebenjährigen Krieges und vor allem die Denkart Friedrichs des Großen schildert, und die Poesie des siebenjährigen Krieges sind echt patriotische und herzerfreuliche Gaben. Nach den vorliegenden Bändchen stehen wir nicht an, die ganze Sammlung aufs angelegentlichste nicht allein zum Gebrauch in höheren Schulen, sondern auch zur Selbstbelehrung zu empfehlen.

Schwäbischer Merkur: Der bekannte Jenaer Pädagog Prof. **Dr. W. Rein** giebt in der „**Pädagogik** im Grundriß" eine **nicht nur lichtvolle,** sondern **geradezu fesselnde** Darstellung der praktischen und der theoretischen Pädagogik. Jedermann, der sich für Erziehungsfragen interessiert, darf man das Büchlein **warm empfehlen.** Nicht minder trefflich ist die Bearbeitung, welche der Marburger Germanist Kauffmann der **Deutschen Mythologie** gewidmet hat. Sie beruht durchaus auf den **neuesten Forschungen,** wie sich an nicht wenigen Stellen, z. B. in dem schönen **Kapitel** über Baldr, erkennen läßt.

Staatsanzeiger: Das 20. Bändchen, das einen Abriß **der deutschen Grammatik** und im Anhange eine **kurze Geschichte der deutschen Sprache** enthält, bietet auch eine gute Uebersicht der deutschen Sprachlehre und deutschen Sprachgeschichte. Die **klare** und **knappe** Darstellung giebt auf engem Raum einen **überraschend reichen Stoff,** sie ist mehr ins Einzelne eingehend, als das kleine Bändchen erwarten läßt.

O. L. Mack

Sammlung Göschen

Tierkunde

von

Dr. Franz v. Wagner

Privatdozent an der Universität Gießen

Mit 78 Abbildungen

Leipzig

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung

R. a. 18·11·97 1897

Druck von Carl Rembold in Heilbronn.
Papier aus der Gustav Schaeuffelen'schen Papierfabrik in Heilbronn a. N.

Inhalt.

Bücherverzeichnis.

Bergh, Vorlesungen über allgemeine Embryologie, Wiesbaden 1895.

Bergh, Vorlesungen über die Zelle u. s. w., Wiesbaden 1894.

Boas, Lehrbuch der Zoologie, 2. Aufl. Jena 1894.

Brehm, Tierleben, 3. Aufl. 10 Bde. Leipzig 1890—1893.*)

Claus, Lehrbuch der Zoologie, 6. Aufl. Marburg 1897.

Gegenbaur, Grundriß der vergleichenden Anatomie, 2. Aufl. Leipzig 1878.

Hertwig, O. Die Zelle und die Gewebe, I. Buch: Allgem. Anatomie und Physiologie der Zelle, Jena 1892.

Hertwig, R. Lehrbuch der Zoologie, 3. Aufl. Jena 1895.

Kennel, Lehrbuch der Zoologie, Stuttgart 1893.

Leunis-Ludwig, Synopsis der Tierkunde, 3. Aufl. 2 Bde. Hannover 1883—1886.

Martin, Illustrierte Naturgeschichte der Tiere, 4 Bde. Leipzig 1882—1884.

Taschenberg, Repetitorium der Zoologie, Breslau 1891.

---

*) Von diesem Werke erschien auch eine kleine Ausgabe für Volk und Schule 2. Aufl. 3 Bde. Leipzig 1893.



Einleitung.

Die Tierkunde oder Zoologie ist die Wissenschaft von den Tieren.

Tiere sind Lebewesen oder Organismen, d. h. in bestimmter Weise gebildete — organisierte — Einheiten, die als solche mit den zwei elementaren Merkmalen alles Lebendigen ausgestattet sind, der Fähigkeit, sich zu ernähren, und dem Vermögen, sich fortzupflanzen. Ersteres gewährleistet dem einzelnen Tiere die Erhaltung seiner selbst, Letzteres hingegen sichert den Bestand des Formenkreises, welchem das einzelne Tier angehört, der Art.

Als Organismen stellen sich auch die Pflanzen dar. Diesen gegenüber zeichnen sich die Tiere, wie schon die alltägliche Erfahrung lehrt, durch freie Beweglichkeit und die dadurch ermöglichte Ortsveränderung, sowie durch ihr Empfindungsvermögen aus, dessen Aeußerungen in uns die Vorstellung erwecken, daß die Tiere gleich uns selbst Lust und Unlust unterscheiden. Bewegung und Empfindung sind charakteristische Kennzeichen der tierischen Natur. Dazu kommt noch die Verschiedenheit in der Ernährung. Sowohl die Beschaffenheit der Nahrung, als auch die Schicksale der Letzteren im Körper sind bei Tieren und Pflanzen verschieden, ja wie die Chemie uns zeigt, einander geradezu entgegengesetzt. Die Nahrung der Pflanzen besteht in einfachen chemischen Verbindungen, durch deren Ver-

arbeitung im Innern des pflanzlichen Organismus zusammengesetzte, sog. organische Verbindungen gebildet werden, während die Tiere zu ihrer Ernährung gerade dieser letzteren bedürfen, die im tierischen Körper wieder in einfache Verbindungen umgewandelt werden.

Diese Arbeit, die eine chemische Umsetzung der aufgenommenen Nahrung darstellt, wird als Stoffwechsel bezeichnet. Das Vermögen, sich zu ernähren, beruht bei Tieren wie Pflanzen auf dem Stoffwechsel. Dieser liefert die in der Nahrung enthaltenen eigentlichen Nährstoffe, erzeugt aber aus derselben daneben noch andere, im Organismus nicht weiter verwendbare Substanzen, welche nach Außen abgeschieden werden. Entsprechend der Verschiedenheit der Nahrung sind auch die Abscheidungsprodukte des Stoffwechsels bei Tier und Pflanze entgegengesetzter Art. Das Tier nimmt beispielsweise bei der Atmung Sauerstoff auf und gibt Kohlensäure ab, die Pflanze nimmt umgekehrt Kohlensäure auf und gibt Sauerstoff ab. Es leuchtet ein, daß die gegensätzliche Verschiedenheit in der Ernährung der Tiere und Pflanzen eine wechselseitige Bedingtheit beider Organismenreiche mit sich bringt, welche für den Haushalt der lebendigen Natur von fundamentaler Wichtigkeit ist.

Nach dem Gesagten können wir die Tiere definieren als Organismen, welche außer dem Vermögen der Selbsterhaltung und Fortpflanzung die Fähigkeit der Bewegung und Empfindung besitzen und deren Ernährung auf der Aufnahme organischer Substanzen beruht.

Die Aufgabe der Zoologie oder Tierkunde ist die Ermittelung aller auf die Tiere bezüglichen Thatsachen, die Feststellung der in diesen zu Tage tretenden Gesetzmäßig-

keiten und die Erklärung der Letzteren durch natürliche Ursachen, kurz die Erkenntnis der Tierwelt in jeder Hinsicht.

Wie jede umfassende Wissenschaft gliedert sich auch die Tierkunde in besondere Disziplinen. Die wichtigsten derselben sind die Morphologie, die Physiologie, die Paläozoologie und die Systematik.

Die Morphologie untersucht die Tiere nach Form und Bau und zerfällt in Anatomie und Ontogenie (= Embryologie oder Entwicklungsgeschichte), je nachdem es sich um das fertig ausgebildete oder um das sich entwickelnde Tier, also um Sein oder Werden des Tieres handelt. Die Anatomie spaltet sich wieder nach zwei Richtungen. Als allgemeine oder mikroskopische Anatomie befaßt sie sich mit den mikroskopisch kleinen elementaren Bausteinen, aus welchen sich der Körper der Tiere aufbaut, den Zellen, sowie deren Abkömmlingen, den Geweben — daher auch Gewebelehre (= Histologie) genannt; als spezielle oder vergleichende Anatomie hingegen betrachtet sie die aus jenen gebildeten mannigfaltigen Werkzeuge der Tiere, die man Organe nennt.

Die Physiologie erforscht die Lebensäußerungen der Tiere, und zwar sowohl die Leistungen (= Funktionen) des einzelnen Organismus als solchen, wie seiner Teile, der Organe, als auch die allgemeinen und besonderen Lebensverhältnisse, unter welchen die verschiedenen Tierarten uns entgegentreten. Die letztere Richtung der Physiologie strebt als Biologie zu einem selbständigen Zweig der Tierkunde sich auszubilden, Biologie selbstredend in dem angegebenen beschränkten Sinne genommen, da ja, allgemein gefaßt, der in

Rede stehende Ausdruck die Wissenschaft vom Leben überhaupt bezeichnet.

Hinsichtlich des Verhältnisses der Physiologie zur Morphologie ist zu bemerken, daß die Zoologie nach ihrem bisherigen Entwicklungsgange vornehmlich eine morphologische Wissenschaft darstellt.

Betreffen die beiden eben erläuterten Disziplinen der Tierkunde die jetzt lebende (= rezente) Tierwelt, so hat die Paläozoologie (= Zoopaläontologie) die vorweltlichen (= fossilen) Tiere zum Gegenstand ihrer Untersuchung. Die Aufdeckung des Baues derselben, ihrer Beziehungen unter einander und zu den rezenten Tieren, sowie die Feststellung ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge in den Schichten der Erdrinde, sind die Aufgaben dieser Disziplin.

Die Systematik endlich gruppiert und ordnet die gesamte Tierwelt in ein System; sie geht dabei nicht willkürlich zu Werke, sondern ist an die allgemeinen Gesichtspunkte gebunden, welche ihr die anderen Disziplinen darbieten, und daher von den Fortschritten der Letzteren abhängig.

Es bedarf keiner besonderen Hervorhebung, daß das Zusammenwirken aller Disziplinen notwendig ist, wenn die Tierkunde ihre Aufgabe, eine wissenschaftliche Erkenntnis der Tierwelt zu vermitteln, erfüllen soll.

In der folgenden Darstellung ist der Paläozoologie wie der Physiologie keine gesonderte Betrachtung gewidmet worden. Das Letztere erklärt sich aus der schon charakterisierten Stellung der Physiologie innerhalb der Zoologie; immerhin ist bei der Schilderung der morphologischen Thatsachen, soweit möglich, der physiologischen Gesichtspunkte gedacht. Die Paläozoologie wird in einem besonderen Bändchen der „Sammlung Göschen“ behandelt werden, konnte somit in dem vor-

liegenden außer Betracht bleiben. Demnach erstrecken sich unsere Darlegungen auf den Bau, die Entwicklungsgeschichte und das System der Tiere. Diesen drei Abschnitten ist eine gedrängte Darstellung der Hauptsätze der Abstammungslehre und des sog. Darwinismus angefügt, um dem Leser einen wenn auch nur unvollkommenen Einblick in den Gedankenkreis der heutigen zoologischen Wissenschaft zu geben.

I. Vom Bau der fertig ausgebildeten Tiere.

(Anatomie.)

1. Person und Stock.

In der Regel treten uns die Tiere als selbständige, in sich abgeschlossene und zu der Gesamtheit der Lebensfunktionen befähigte Einheiten, wie dies bei unserem eigenen Geschlecht der Fall ist, also als Individuen oder Personen entgegen. Daraus resultiert für jedes Tier ein bestimmter Zusammenhang der Teile desselben untereinander, den wir als Individualität bezeichnen; Störung dieses Zusammenhanges hebt das Leben auf. Die Individualität ist keineswegs bei allen Tieren dieselbe, sondern vielfach abgestuft. Diese Erscheinung hängt mit der Fähigkeit, erlittene Verluste wieder zu ersetzen, zusammen, dem sog. Regenerationsvermögen, welches allen Tieren, aber in sehr verschiedenem Maße, eigen ist. Während die unserem eigenen Bau am nächsten stehenden Säuger nur geringfügige Einbußen zu ersetzen vermögen, sind die Eidechsen imstande, ihren Schwanz, die Molche, ihre Extremitäten zu regenerieren; und einfacher gebaute Tiere, wie unser Regenwurm, können in bestimmter Weise in Stücke zerlegt werden, und jedes Stück erneuert sich

auf regenerativem Wege wieder zu einer vollkommenen Person. Der für die Erhaltung und Bethätigung des Lebens notwendige Zusammenhang der Teile ist also bei den mannigfaltigen Tierformen recht verschieden, bald ein fester, bald ein lockerer oder selbst völlig flüssiger und abhängig von dem Regenerationsvermögen der betreffenden Organismen. Dabei zeigt sich, daß mit der Komplikation des Baues das Letztere mehr und mehr abnimmt, mithin die Individualität der Tierpersonen sich zu einer immer festeren gestaltet.

Oft vereinigt sich indes eine größere oder geringere Anzahl von Tierpersonen derselben Art zu dauerndem Verbande und bildet einen Tierstock. Solche Verbände können von zweierlei Art sein: entweder sind die Individuen derselben untereinander von gleichem Bau und jedes einzelne vermag allen Funktionen zu obliegen, deren Inbegriff das Leben ausmacht, oder sie sind von ungleichem Bau und nach Maßgabe desselben nur zu gewissen Lebensäußerungen befähigt, zu anderen nicht. Im ersteren Falle präsentieren sich die Personen des Stockes in derselben Weise, wie sie eben dargelegt wurde, im letzteren dagegen tritt uns etwas Neues entgegen. Halten wir uns an die einfachsten Vorkommnisse dieser Art, bei welchen, wie dies bei vielen Polypen verwirklicht ist, nur zweierlei verschiedene Individuen auftreten. Derartige Tierverbände werden deshalb als zweigestaltige oder dimorphe Tierstöcke bezeichnet. Bei solchen Tierverbänden finden wir, daß dem ungleichen Bau auch eine verschiedene Arbeitsleistung entspricht, indem die elementaren Fähigkeiten der Ernährung und Fortpflanzung nicht mehr von denselben, sondern von verschiedenen Tierpersonen ausgeübt werden: wir unterscheiden Nährpersonen und Geschlechtspersonen und erkennen, daß der Bau beider für die ihnen obliegende spezielle Thätigkeit eingerichtet ist,

also eine Arbeitsteilung stattgefunden hat. Die Gesamtheit der Lebensbethätigungen liegt hier dem Tierstock als solchem ob, nicht mehr jedem einzelnen Individuum desselben; und damit dieses Leben sich äußere und erhalten könne, bedarf es wieder einer Individualität, d. i. eines bestimmten Zusammenhanges der Individuen des Stockes innerhalb desselben. So gelangen wir zu einer neuen Individualität, der Stockindividualität, der gegenüber die den Tierverband zusammensetzenden Teile, die Nähr- und Geschlechtspersonen, nicht mehr als vollgiltige, sondern als unvollkommene Individuen erscheinen. Daraus folgt, daß in demselben Maße, in welchem innerhalb eines Stockes die Arbeitsteilung fortschreitet, die Stockindividualität hervortritt, und zwar auf Kosten der aufbauenden Teile, welche schließlich zu einfachen Organen des Stockes herabsinken. Dieses Verhalten ist bei den Staatsquallen verwirklicht. Bei diesen Tieren, die zu den schönsten Geschöpfen des Meeres gehören, erscheint der Tierstock als eine wohl ausgeprägte Einheit, in welcher die ihn zusammensetzenden Personen lediglich Organe darstellen, die je nach den ihnen im Leben des Stockes zukommenden speziellen Funktionen — Bewegung, Ernährung, Fortpflanzung u. s. w. — verschieden gebildet sind und so gegenüber dem dimorphen einen vielgestaltigen oder polymorphen Tierstock konstituieren.

Demnach verhält sich der Tierstock, welcher eine Staatsqualle aufbaut, in seinen Lebensäußerungen wie eine Tierperson. Bildungen, die nach ihrer Funktion, also physiologisch einander gleich sind, nennt man analoge; eine Tierperson und eine Staatsqualle sind also analoge Individualitäten.

---

2. Urtiere und Zellentiere, Radiär- und Bilateraltypus.

Vergleichen wir die Tiere nach ihrem Bau untereinander, so erhalten wir alsbald einen zweifachen Befund: Entweder besteht der Körper der Tiere aus einer Vielheit von Elementen, die im Einzelnen mannigfaltig gestaltet sein können, den Zellen, oder er stellt eine nicht weiter in solche auflösbare Bildung dar. Die erstere Art von Tieren heißt Zellentiere (=Metazoa), die letztere Urtiere (=Protozoa). Die Metazoën umfassen weitaus die meisten Tiere, zumal diejenigen, welche uns im täglichen Leben begegnen, während die Urtiere vorwiegend von mikroskopischer Kleinheit sind und wegen des Mangels eines zelligen Baues als einfachste tierische Lebewesen den Zellentieren gegenübergestellt werden.

Innerhalb der Zellentiere führt die vergleichende Betrachtung der Architektonik des Körpers weiterhin zur Unterscheidung des Radiär- (=Strahl-) und Bilateraltypus. Zur Erläuterung dieser Begriffe mögen zwei Vertreter der Metazoën, der Süßwasserpolyp (Hydra) und der Flußkrebs, dienen. Die in den Tümpeln und Lachen unserer stehenden Wässer nicht seltene Hydra stellt einen Sack dar, dessen geschlossenes Ende dem Tiere zum Anheften an irgend eine Unterlage dient, während das offene freie Ende, welches von einem Kranz von Greiforganen, den Tentakeln, umstanden ist, die Nahrungsaufnahme vermittelt. Durch den Körper dieses Tieres können wir eine das geschlossene und das offene Ende des Leibessackes verbindende Achse legen. Diese Achse ist die Hauptachse und verbindet zwei verschiedene Pole miteinander. Senkrecht zu dieser können nun beliebig viele Achsen gelegt werden, die alle untereinander gleichwertig sind, weil sie gleiche Gegenpunkte in Verbindung setzen. Demnach ist der Körper

eines Süßwasserpolypen durch eine Achse, die Hauptachse, bestimmt, welche den vorderen freien Mundpol mit dem hinteren geschlossenen Ansatzpol verbindet, und es gibt für ihn nur ein Vorn und Hinten, aber kein Rechts und Links und kein Oben (Rückenseite) und kein Unten (Bauchseite). Dies ist der Strahl- oder Radiärtypus.

Ganz anders verhält es sich mit dem Flußkrebs. Bei diesem wohlbekannten Tiere läßt sich die vordere Kopfspitze mit dem hinteren Schwanzende durch eine Achse verbinden, welche wieder die Hauptachse darstellt. Durch diese können aber zwei weitere, unter sich und von der Hauptachse verschiedene und senkrecht zu einander und zur Hauptachse stehende Achsen gelegt werden, nämlich eine, welche die Rückenseite mit der Bauchseite, und eine, welche die rechte mit der linken Seite verbindet. Denken wir uns durch die Hauptachse von der Rücken- zur Bauchfläche eine Ebene gelegt — sie wird Medianebene genannt — und in derselben einen Schnitt geführt, so wird durch denselben der Flußkrebs in zwei spiegelbildlich gleiche, also bilateral symmetrische Hälften zerlegt. Diese Bauart ist der Bilateraltypus, bei welchem entsprechend den drei verschiedenen Achsen nicht nur ein Vorn und Hinten, sondern auch ein Rechts und Links und eine Rücken- (=Dorsal-) und Bauchfläche (=Ventralseite) zu unterscheiden sind. Während Organe, die mehrfach vertreten sind, hier in Paaren angeordnet sind, je ein Organ rechts und links von der Medianebene, erscheinen sie bei den strahlig gebauten Tieren in Radien um die Hauptachse gruppiert. Nur in der Einzahl vorhandene Organe liegen in der Medianebene, beziehungsweise in der Hauptachse.

Die Metazoën teilt man darnach in zwei Abteilungen:

die Radiär- oder Strahltiere (Radiata) und die Bilateraltiere (Bilateralia). Zu den Ersteren gehören die Schwämme und Nesseltiere; alle übrigen Zellentiere sind Bilateraltiere.

3. Die Zelle.

Die Grundlage des Metazoënkörpers bildet die Zelle; sie stellt die elementare Formeinheit dar, welche entweder als Keimzelle den Ausgangspunkt für die Entwicklung eines neuen Individuums abgibt oder als Gewebszelle die Organe des ausgebildeten Tieres zusammensetzt. Im ersteren Falle ist sie eine entwicklungsgeschichtliche Einheit, im letzteren hingegen der Baustein des fertigen Tierleibes, also eine anatomische (gewebliche oder histologische) Einheit.

An dieser Stelle haben wir die Zelle lediglich im letzteren Sinne, als Gewebselement zu betrachten. Die Keimzellen werden uns erst im folgenden Abschnitt beschäftigen.

Da die Entwicklung jedes Metazoënindividuums von einer Zelle, der Keimzelle, ihren Ursprung nimmt, könnte es nicht verwundern, wenn der Körper des ausgebildeten Tieres einen ausgeprägt zelligen Bau aufwiese, wie dies bei den Pflanzen der Fall ist. Die Zergliederung des Metazoënkörpers läßt indes davon nicht allzuviel erkennen. Dies hängt damit zusammen, daß die Zellen des tierischen Organismus sich zwar auch fast ausnahmslos zu Geweben vereinigen, dabei aber mehr oder weniger tiefgreifenden Umwandlungen unterworfen werden. Der zellige Ursprung solcher tierischer Gewebe, welche im fertigen Zustande sich keineswegs mehr als einfache Zellaggregate präsentieren, ist daher nur auf entwicklungsgeschichtlichem Wege nachweisbar.

Was ist nun die Zelle als Baustein des tierischen Körpers?

Kurz gesagt, ein **Klümpchen Protoplasma**, in das ein **festerer Körper**, der **Kern**, **eingebettet** ist. Protoplasmaleib und Kern sind niemals fehlende Bestandteile der tierischen Zelle. Zu diesen kann noch eine den Ersteren nach Außen abschließende besondere Membran (Zellhaut) kommen; sie ist aber kein wesentliches Attribut und fehlt nicht selten (Fig. 1).

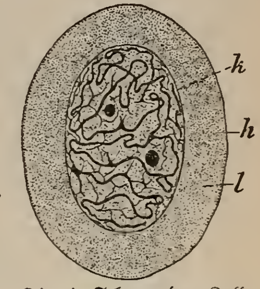


Fig. 1. Schema der Zelle. h Zellhaut, k Zellkern, l Zellkörper.

Das **Protoplasma** (= Sarkode) ist ein kompliziertes Gemenge organischer Verbindungen von bestimmter Struktur, das vornehmlich Eiweißkörper, aber auch Kohlehydrate (Stärke, Zucker) und Fette enthält. Es stellt eine zähflüssige, schleimige Substanz dar, die alkalisch reagiert, in Wasser quillt, beim Kochen gerinnt und im Leben ein eigentümliches opalisierendes Ansehen gewährt. Man unterscheidet im Protoplasma eine homogene Grundsubstanz von in dieselbe eingelagerten Körnchen, deren Größe und Zahl den mannigfachsten Schwankungen unterliegt, wodurch die Grundsubstanz eine bald feiner, bald gröber granulierte Beschaffenheit erhält.

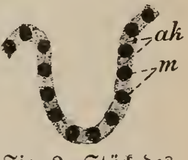


Fig. 2. Stück des Kerngerüstes. ak Achromatin, m Mikrosomen.

Der **Kern** besteht aus einer von der des Zellkörpers verschiedenen Substanz, die Kernplasma (= Karyoplasma) genannt wird. Sie läßt verschiedene Bestandteile erkennen: Einen festeren, aus einem Gerüste, dessen Bälkchen reihenweise und dicht an einander gelagerte Körnchen führen, bestehenden (Fig. 2), einen mehr flüssigen, als Kernsaft bezeichneten und einen in Form meist kleiner kugeliger Körperchen (Kernkörperchen) ausgebildeten. Die Verschiedenheit dieser Komponenten des Kernplasmas

prägt sich nicht nur in Form und Aggregatzustand aus, sie kommt auch in dem differenten Verhalten Farbstofflösungen gegenüber zum Ausdruck. Der flüssige Kernsaft wie die festere Gerüstsubstanz nehmen keinen Farbstoff in sich auf, bleiben also ungefärbt und werden deshalb als achromatische Substanz (= Achromatin) zusammengefaßt. Die in dem Achromatingerüste angeordneten Körnchen hingegen imbibieren sich — gleich den Kernkörperchen — sehr lebhaft mit Farbstoffen und werden daher als chromatische Substanz (= Chromatin) dem Achromatin gegenübergestellt; die Körnchen selbst bezeichnet man als Mikrosomen.

Nicht selten ist der Kern mit einem zarten Häutchen (Kernmembran) versehen, das indes auch hier keinen wesentlichen Bestandteil darstellt.

Oft stimmt die Gestalt der Kerne mit derjenigen der Zellen überein; im einfachsten Falle eine rundliche, bläschenförmige Bildung, kann er die verschiedenartigsten Formen annehmen. Aehnliches gilt für die Größe der Kerne.

Ueber Größe und Gestalt der Zellen können wir uns kurz fassen, wenngleich sich hierin die mannigfaltigsten Befunde darbieten. Die Erstere bewegt sich zwischen einem Mikron (= 0,001 mm) und einem Millimeter, doch sind die kleineren Elemente viel häufiger als die großen. Als Grundform der Zelle kann die Kugel betrachtet werden; aus dieser lassen sich die verschiedenen Gestaltungen der tierischen Zelle, die man als Scheiben-, Würfel-, Cylinder-, Säulen-, Pyramiden-, Sternform u. s. w. unterscheidet, leicht ableiten.

Weit wichtiger als diese Verhältnisse sind die Leistungen der Zellen. Jede Zelle hat das Vermögen, sich zu ernähren und sich zu vermehren, sie ist innerhalb bestimmter Grenzen bewegungsfähig (kontraktil), ja sogar mit Empfindung

begabt, indem sie auf äußere Reize zu reagieren vermag. Die Zelle erscheint demnach mit allen Fähigkeiten eines Organismus ausgestattet und wird mit Rücksicht darauf, daß in ihr die letzte erkennbare Formeinheit vorliegt, als Elementarorganismus bezeichnet. Damit sind die Zellen freilich keineswegs wirkliche Organismen; dazu fehlt ihnen gerade das, was die tierischen Organismen auszeichnet, die Selbständigkeit der Individualität und des Lebens. Die Zelle ist nur innerhalb des Organismus, an dessen Aufbau sie beteiligt ist, eine lebensfähige Bildung, außerhalb dieses Zusammenhanges geht sie zu Grunde.

Die angegebenen Funktionen der Zelle erscheinen an die beiden Formbestandteile derselben in der Weise geknüpft, daß Bewegung und Empfindung, vor Allem aber die Ernährung wohl vornehmlich Leistungen des Protoplasmaleibes darstellen, während die Fortpflanzung an den Kern gebunden ist. Dies gilt freilich nur in der Hauptsache, denn da die Zelle als Einheit durch Protoplasmakörper und Kern bestimmt wird, müssen ja selbstredend zwischen beiden Wechselbeziehungen bestehen, welche bewirken, daß die Thätigkeit des einen Bestandteiles auf diejenige des anderen nicht ohne Einfluß bleibt.

Die Vermehrung der Zellen bedarf einer besonderen Betrachtung. Stets bedeutet sie eine Teilung. Die Zellteilung erfolgt auf zweierlei Arten, die als direkte und indirekte (=mitotische) Teilung unterschieden werden; in beiden Fällen ist sie aber im Wesentlichen eine Halbteilung, so daß die Teilungsprodukte, die Tochterzellen, ungefähr die halbe Größe der Mutterzelle besitzen, die erst allmählich im Zusammenhang mit der Ernährung durch Wachstum wieder zu der ursprünglichen Größe der Letzteren gebracht wird. Immer wird die Zellteilung durch Veränderungen des

Kernes eingeleitet, welcher auch während des Ablaufes des Teilungsvorganges stets den aktiv wirksamen Bestandteil der Zelle abgibt, während der Protoplasmaleib eine passive, vom Kern beherrschte Rolle spielt. Mit Rücksicht auf diese bevorzugte Stellung des Kernes im Teilungsprozeß der Zellen spricht man auch schlechtweg von direkter und indirekter Kernteilung als gleichbedeutend mit der entsprechenden Form der Zellteilung.

Der einfachere Teilungsmodus der Zelle ist die direkte Zellteilung (Fig. 3, 4). Bei dieser streckt sich der Kern in die Länge, schnürt sich in der Mitte seiner Längenausdehnung ringförmig ein, wodurch er Hantel- oder Biskuitform erhält, und trennt sich schließlich in der Ebene der Einschnürung in die vorbereiteten zwei Hälften. Während dieses Vorganges oder gegen Ende desselben schnürt sich auch der Protoplasmakörper in gleicher Weise und in derselben Ebene durch, und damit sind aus der ursprünglichen Mutterzelle zwei neue, die Tochterzellen, entstanden.

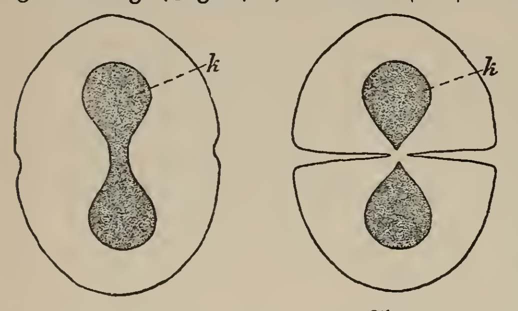


Fig. 3. Fig. 4.
Zwei Stadien der direkten Zellteilung. k Kern.

Viel komplizierter und von eigenartiger Beschaffenheit ist das Bild der indirekten Kernteilung (Fig. 5—8). Hier wird nicht der Kern als solcher einfach halbiert, es erfolgt diese Teilung vielmehr in einer ungemein verwickelten Weise, bei welcher ein Bestandteil des Kernplasmas, nämlich die chromatische Substanz, die hervorragendste Rolle spielt. Thatsächlich ist das Wesen der indirekten Kernteilung durch die

besondere Art charakterisiert, in der die Teilung des Chromatins bewerkstelligt wird. Als wir vom Bau des Kernes sprachen, unterschieden wir die festere Substanz desselben in Achromatin und Chromatin, und sahen, daß im ruhenden, d. h. nicht in Teilung begriffenen Kerne das Erstere in Form eines Gerüstwerkes angeordnet ist, welches die Mikrosomen in sich enthält. Wenn sich ein solcher Kern zur indirekten Teilung anschickt, so nehmen seine Chromatinkörner durch entsprechende Aneinanderlagerung die Gestalt eines Fadens, der sich knäuelförmig anordnet, an. Dieser zerfällt hierauf in eine bestimmte Anzahl von Teilstücken, die sich zu Uförmigen Schleifen (Chromosomen) knicken und in einer Ebene zur Bildung einer deutlichen Sternfigur (Mutterstern) zusammentreten. In diesem Stadium erfolgt durch Längsspaltung der Schleifen die Teilung der chromatischen Substanz, wodurch die Zahl der Schleifen natürlich verdoppelt wird. Die eine Hälfte der so entstandenen Tochterschleifen rückt nun nach einer, die andere nach der entgegengesetzten Richtung auseinander, um schließlich an zwei einander gegenüberliegenden

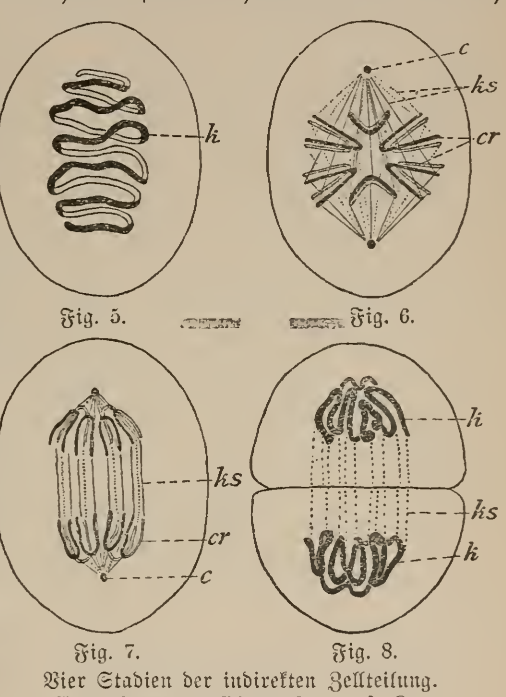


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.
Vier Stadien der indirekten Zellteilung.
c Centrosoma, cr Chromosomen, k Kern, ks Kernspindel.

Polen sich wieder in Sternform zu gruppieren (Tochtersterne). Sodann vereinigen sich die Schleifen jedes Tochtersternes wieder zu einem Fadenknäuel, aus welchem, nachdem der Kernteilung die Teilung des Protoplasmaleibes durch eine ringförmige Einschnürung in der Ebene des Muttersternes gefolgt ist, wieder die Form und Anordnung des Chromatins im ruhenden Kerne hervorgeht. Für den Ablauf der eben geschilderten Vorgänge ist von Wichtigkeit, daß die beiden einander entgegengesetzten Richtungen, nach welchen je die halbe Zahl der Tochterschleifen wandert, keineswegs beliebiger Art sind, sondern durch die Pole einer aus feinen Fäden gebildeten Spindel (Kernspindel) bestimmt werden, die von der achromatischen Substanz des Kernes herstammt und während der Vorgänge am Chromatin zur Ausbildung gelangt; die Lage dieser Pole ist durch je ein ungemein kleines, rundliches Körperchen, Centrosoma genannt, noch genauer fixiert. Eine Achse, welche die beiden Centrosomen mit einander verbindet, stellt die Achse der Kernspindel dar. Ausnahmslos herrscht nun die Gesetzmäßigkeit, daß sich die Spindelachse senkrecht zur künftigen Teilungsebene der Zelle einstellt, ein Verhalten, welches im ganzen Teilungsvorgang zum Ausdrucke kommt.

Hinsichtlich des Verhältnisses der direkten Zellteilung zur indirekten Form derselben ist zu bemerken, daß die letztere so allgemein verbreitet ist, daß sie als die typische Art der Zellvermehrung angesehen werden kann. Zudem führt die direkte Zellteilung gar nicht immer zu einer wirklichen Zellvermehrung, weil oft nur eine Teilung der Kerne stattfindet, eine solche des Protoplasmakörpers aber unterbleibt.

Die hohe Bedeutung, welche bei der indirekten Kernteilung der chromatischen Substanz des Kernes zukommt und sich darin ausprägt, daß der ganze Teilungsvorgang nur auf eine

genaue Halbierung gerade dieser Substanz abzielt, hat zu der Vorstellung geführt, daß im Chromatin des Kernes dasjenige Substrat gegeben sei, welches die Eigenschaften der Mutterzelle auf die Tochterzellen übertrage, d. i. vererbe, zumal erfahrungsgemäß die Letzteren nach Form und Qualität von ihrer Erzeugerin abhängig sind.

4. Die Gewebe.

Es wurde schon erwähnt, daß die Zellen sich zur Bildung von Zellaggregaten zu vereinigen pflegen. Derartige Zellvereinigungen sind nicht zufälliger Art, sondern erhalten durch bestimmte, ihnen obliegende Funktionen ein einheitliches Gepräge, das sich um so deutlicher ausdrückt, je weniger die einzelne Zelle selbst in den Vordergrund tritt. Die Mannigfaltigkeit der Leistungen, zu welchen der Organismus der Zellentiere befähigt ist, bedingt naturgemäß auch eine weitgehende anatomische Verschiedenheit der gekennzeichneten, Gewebe genannten Zellverbindungen.

Daraus ergibt sich weiterhin die Notwendigkeit, die Gewebe nach ihrem Bau und ihrer Funktion einzuteilen. Man unterscheidet darnach vier Gewebearten:

1. Die Epitelien (Epitelgewebe),
2. Die Gewebe der Bindesubstanz,
3. Das Muskelgewebe,
4. Das Nervengewebe.

a. Die Epitelien.

Die Epitelien sind flächenhaft ausgebreitete Gewebe, deren Elemente durch eine feine, von diesen selbst ausgeschiedene Kittsubstanz (= Intercellularsubstanz) mit einander verbunden sind, dabei aber eine große Selbständigkeit bewahren. Dadurch kommt das Epitelgewebe einem einfachen Zellaggregate sehr nahe.

Die Epitelien dienen zur Bekleidung äußerer und zur Auskleidung innerer Flächen des tierischen Organismus; so bilden sie z. B. überall die äußere Haut (Epidermis) des Tierkörpers.

Nach der Gestalt der Zellen, welche die Epitelien aufbauen, unterscheidet man Platten-, Pflaster-, Cylinderepitelien (Fig. 9) u. s. w., ferner ein- und mehrschichtige, je nachdem die Epitelzellen in einer Schicht oder mehrfach über einander aneinander gelagert sind. Im letzteren Falle können die einzelnen Lagen dadurch verschieden gestaltet sein, daß die Form ihrer Elemente ungleich ist (Fig. 10). Die innige Verbindung der Epitelzellen untereinander bewirkt eine Abflachung der Letzteren an den Berührungsflächen mit den benachbarten Elementen, die im Besonderen natürlich von der Art der Aneinanderlagerung der Zellen abhängig ist. Der Querschnitt z. B. einer Cylinderzelle erscheint daher meist nicht rund, sondern eckig (Fig. 11).

Fig. 9. Zwei Zellen eines Cylinderepitels. k Kern.


Fig. 10. Mehrschichtiges Epitel.

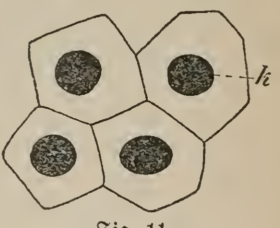


Fig. 11. Vier Cylinderzellen im Querschnitt.

Aufbau, Funktion und Lagerung der Epitelien bringen es mit sich, daß die einzelnen Elemente dieser Gewebe stets eine freie Fläche besitzen, welche denn auch meist in besonderer Weise gestaltet ist. Im einfachsten Falle schließt sie die Epitelzelle in Form einer festeren, saumartigen Substanzlage, die als

Cuticula bezeichnet wird, nach Außen hin ab. Vielfach entspringen von der freien Zellfläche Fortsätze, welche vom Protoplasma der Zelle ausgehen und sich als Geißeln oder als Wimpern (= Cilien) darstellen. Wo eine Cuticula gleichzeitig vorhanden ist, wird dieselbe von solchen Fortsätzen durchbohrt. Epitelien dieser Art heißen Geißel- (Fig. 12), beziehungsweise Wimper- oder — mit Bezug auf die Flimmererscheinung, welche die schlagende Bewegung der Cilien hervorruft — auch Flimmerepitelien (Fig. 13).

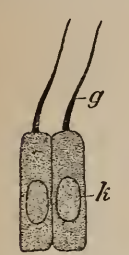


Fig. 12. Zwei Zellen eines Geißelepitels. g Geißel, k Kern.



Fig. 13. Zwei Zellen eines Flimmerepitels. cu Cuticula, k Kern, w Wimpern.

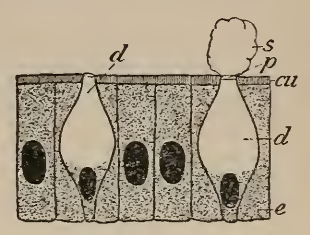


Fig. 14. Drüsenepitel. cu Cuticula, d Drüsenzellen, e Epitelzellen, p Oeffnung, s ausgeschiedenes Sekret der Drüsenzelle.

Eine besondere Art von Epitelien ist das Drüsengewebe (Fig. 14), dessen Elemente, die Drüsenzellen, durch ihre Sekretionsfähigkeit ausgezeichnet sind, indem sie nach Außen, also an der freien Fläche, welche zu diesem Zwecke eine kleine Oeffnung tragen kann, Stoffe bestimmter Art abzuscheiden vermögen. Die Drüsengewebe pflegen nicht aus Drüsenzellen allein zu bestehen, sondern neben diesen noch einfache Epitelzellen aufzuweisen, stellen demnach ein gemischtes Epitelium vor.

Endlich ist noch das Sinnesepitel zu erwähnen, dadurch charakterisiert, daß die Elemente desselben, die Sinneszellen, zur Perception bestimmter äußerer Verhältnisse wie Licht, Schall u. s. w., also zur Aufnahme von Sinneseindrücken befähigt sind. Der Verschiedenartigkeit dieser Letzteren

entspricht auch der mannigfaltige Bau der Sinnesepitelien, an welchem wie beim Drüsengewebe auch gewöhnliche Epitelzellen beteiligt sein können, so daß diese Epitelform bald als gemischtes, bald als einheitliches Gewebe auftritt.

b. Die Gewebe der Bindesubstanz.

Diese Gewebeart umfaßt zwar die verschiedenartigsten Bildungen, besitzt aber in der außerordentlich mächtigen Entwicklung der Intercellularsubstanz einen für alle gemeinsamen Charakter. Wie bei den Epitelien ist auch hier die Intercellularsubstanz ein Produkt der aufbauenden Zellen und führt den Namen Grundsubstanz; dieser gegenüber treten die Zellen mehr oder weniger zurück.

Den Geweben der Bindesubstanz liegen sehr mannigfaltige Funktionen ob; teils dienen sie zur Ausfüllung von Lücken und Spalten zwischen einzelnen Organen, teils wieder verbinden sie die letzteren oder Teile derselben und fixieren diese dadurch in ihrer Lage, teils bauen sie festere Organe auf, welche den Bewegungsorganen zum Ansatze dienen.

Die Gewebe der Bindesubstanz können in zwei Gruppen, die Bindegewebe und die Stützgewebe, geteilt werden, eine Unterscheidung, welche nach der Beschaffenheit der Grundsubstanz mit gleichzeitiger Berücksichtigung der physiologischen Verhältnisse vorgenommen ist. Beim Bindegewebe ist die Grundsubstanz mehr indifferenter Natur, während die beiden Arten des Stützgewebes, das Knorpel- und Knochengewebe durch bestimmt charakterisierte Ausbildungen der Grundsubstanz ausgezeichnet sind.

α. Bindegewebe.

Die hierhergehörigen Gewebsarten sind so verschieden, daß man eine ganze Reihe besonderer Formen unter ihnen unterschieden hat, von welchen wir hier nur einige wenige

betrachten können. Zum Verständnis derselben ist vorauszuschicken, daß es sich bei dieser Einteilung vornehmlich wieder um die Grundsubstanz handelt. In dieser, welche bei den Bindegeweben fast immer mehr oder weniger homogen ist, treten meist Differenzierungen zweifacher Art auf: feinste Fäserchen, die Fibrillen genannt werden, sowie kräftigere, das Licht stark brechende Fasern, die elastischer Natur sind und daher als elastische Fasern bezeichnet werden. Beide

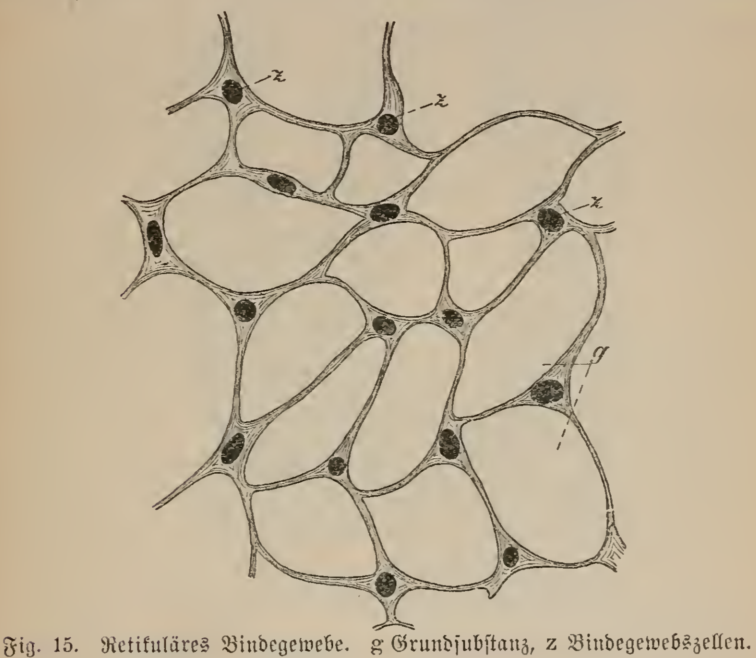


Fig. 15. Retikuläres Bindegewebe. g Grundsubstanz, z Bindegewebszellen.

können sich durch parallele Aneinanderlagerung zu Bündeln und Zügen formieren oder in anderer Weise vielmaschige Netze bilden.

Das Gallertgewebe zunächst ist ausgezeichnet durch die infolge starken Wassergehaltes halbflüssige bis gelatinöse oder gallertige Beschaffenheit der Grundsubstanz, in welcher in spärlicher Zahl Fibrillen und elastische Fasern vorkommen

und sternförmige Zellen, deren Fortsätze untereinander in Verbindung treten (anastomosieren) können, verstreut eingelagert sind.

Das retikuläre Bindegewebe (Fig. 15) besitzt ebenfalls eine mehr flüssige Grundsubstanz, in dieser aber zahlreiche sternförmige, unter einander anastomosierende und dadurch

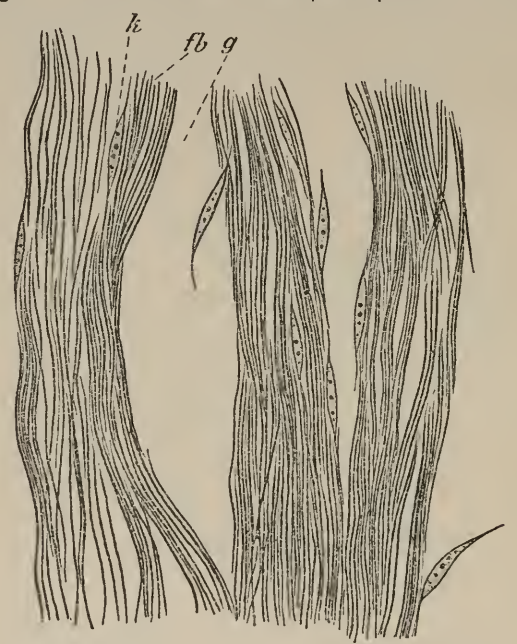


Fig. 16. Fibrilläres Bindegewebe.
fb Fibrillenbündel, g Grundsubstanz, k Kerne.

ein engmaschiges Netzwerk bildende Zellen, während Fibrillen und Fasern fehlen.

Besonders unter den Wirbeltieren verbreitet ist das fibrilläre Bindegewebe (Fig. 16), dessen Grundsubstanz fast ganz von Fibrillenbündeln durchsetzt ist, die sich vielfach kreuzen und dadurch ebenfalls Netze hervorgehen lassen. Daneben können noch elastische Fasern vorkommen. Die Zellen dieses

Gewebes sind spindelförmig und entsprechend dem Verlauf der Fibrillenzüge angeordnet.

Treten in der eben gekennzeichneten Gewebeform die Fibrillen zurück und erscheint an deren Stelle das elastische Faserwerk in der Grundsubstanz besonders mächtig entwickelt, so erhalten wir das elastische Bindegewebe.

β. Stützgewebe.

Das Stützgewebe präsentiert sich entweder als Knorpel- oder als Knochengewebe.

Die Grundsubstanz des Ersteren ist chondrigen, d. h. sie enthält eine, ihr eigentümliche festere Chondrin genannte und ebenfalls von den Zellen des Gewebes, den Knorpelzellen, gelieferte Substanz. Diese ist entweder durchaus homogen und durchsichtig, wie beim Hyalinknorpel (Fig. 17), oder von einem elastischen, Netze bildenden Faserwerk durchzogen, wodurch der elastische oder Netzknorpel charakterisiert erscheint, oder endlich mit Fibrillenbündeln ausgestattet, durch deren Besitz der Faser- oder Bindegewebsknorpel ausgezeichnet ist. Die Knorpelzellen sind meist von rundlicher Form und entweder einzeln oder in Gruppen zu zwei, seltener mehreren in die Grundsubstanz eingebettet.

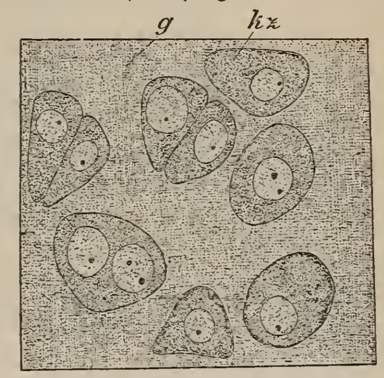


Fig. 17. Hyalinknorpel. g Grundsubstanz, kz Knorpelzellen.

Eine besondere Art des Knorpelgewebes, die zum Knochengewebe hinüberführt, ist der Kalkknorpel, so genannt, weil in seine Grundsubstanz Kalkkrümmel eingelagert sind. Da-

durch erhält diese Form des Knorpelgewebes eine erhöhte Festigkeit und Stärke.

Die Grundsubstanz des Knochengewebes (Fig. 18) besteht aus Knochenknorpel (= Ossein) und enthält Kalksalze, durch welche diese Gewebsform zu einer vollkommen festen Bildung erstarrt erscheint, in welche die unscheinbaren, membranlosen und mit zahlreichen feinen Ausläufern versehenen Knochenzellen

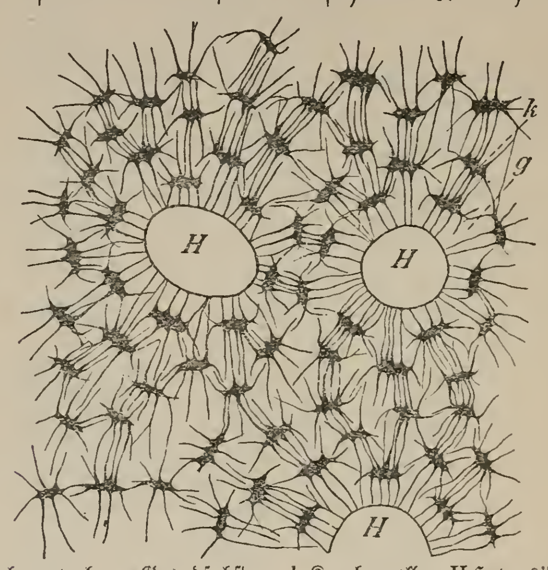


Fig. 18. Knochengewebe. g Grundsubstanz, k Knochenzellen, H Havers'sche Kanäle.

in eigenen kleinen Höhlungen, die unpassender Weise Knochenkörperchen genannt wurden, eingelagert sind. In der Regel ist die Grundsubstanz lamellös geschichtet, eine Anordnung, welcher auch die zelligen Elemente folgen, und nicht selten von Fibrillenbündeln (= Sharpey'sche Fasern) durchzogen. Stets findet man im Knochengewebe zweierlei Kanalsysteme verbreitet. Das größere wird von den sogen. Havers'schen Kanälen gebildet, in deren Hohlräumen Gefäße verlaufen, welche die Ernährung des Gewebes besorgen; das feinere be-

steht aus ungemein zarten Aederchen und nimmt von den Knochenkörperchen seinen Ursprung, indem diese Letzteren entsprechend den Fortsätzen der in ihnen gelegenen Knochenzellen feinste Kanälchen, die Knochenkanälchen, entsenden, welche mit denjenigen der benachbarten Knochenkörperchen sich verbinden und so ein zartes, aber reich verzweigtes Kanalsystem hervorgehen lassen.

Die große Festigkeit des Knochengewebes hängt mit der Funktion desselben als Skeletbildner aufs Innigste zusammen.

c. Das Muskelgewebe.

Das Muskelgewebe ist dadurch charakterisiert, das die Elemente desselben in besonderer Weise kontraktil sind. Dies äußert sich darin, daß die Muskelzellen in einer bestimmten Richtung verkürzt werden können, hierauf aber immer wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurückzukehren vermögen. Dadurch unterscheidet sich die Kontraktilität der Muskelzellen von derjenigen, die wir allgemein dem Protoplasmaleib der Zelle zuerkennen mußten; denn diese vermag sich nach allen Richtungen gleichmäßig zu bethätigen, ist dafür freilich auch in der Regel von geringerer Stärke. Die bezeichnete Eigenschaft der Muskelzelle beruht auf einer eigentümlichen Umwandlung eines größeren oder geringeren Teiles des Protoplasmakörpers in Muskelsubstanz.

F. 19. Glatte Muskelzelle. k Kern, p Protoplasma.

Fig. 20. Stück einer quergestreiften Muskelfaser. k Kerne.

Die Muskelzellen treten in zwei wesentlich verschiedenen Formen auf, die niemals mit einander verbunden vorkommen:

die glatte Muskelzelle (Fig. 19) und die quergestreifte Muskelfaserzelle (Fig. 20), welch' letztere gewöhnlich schlechtweg Muskelfaser genannt wird.

Die Erstere ist spindelförmig. Der Protoplasmaleib besteht zum größten Teil aus homogener oder leicht längsgestreifter Muskelsubstanz; nur in der Umgebung des in der Mitte des Spindelkörpers gelegenen, der Zellform entsprechend gestalteten Kernes befindet sich ein Rest unverwandelten Protoplasmas. Das glatte Muskelgewebe wird durch schichtenweise Anordnung derartiger Muskelzellen gebildet und bei den Wirbeltieren zum Aufbau der sogen. unwillkürlichen Muskeln, deren Thätigkeit nicht dem Willen des Tieres untersteht, wie z. B. der Darm- und Atemmuskeln, verwendet, wovon nur die Muskeln des Herzens eine Ausnahme machen, welche, trotzdem sie unwillkürliche sind, aus quergestreiftem Muskelgewebe bestehen.

Das Element des Letzteren ist die quergestreifte Muskelfaser. Sie präsentiert sich als eine außerordentlich langgezogene (bis zu 10 cm), ungemein dünne und an beiden Enden zugespitzte Zelle, deren Muskelsubstanz in feinste Fibrillen differenziert ist, zwischen welche sich schmale Lagen von Protoplasma einschalten. Der Kern der Muskelfaser hat meist Spindelform und ist bald im Inneren, bald an der Peripherie der Faser gelegen, oft auch in der Mehrzahl vorhanden. Der wesentliche Charakter der Muskelfaser liegt in der Querstreifung der in ihr enthaltenen Fibrillen. Diese beruht auf der regelmäßigen, in der Längsausdehnung der Fibrillen abwechselnden Aufeinanderfolge scheibenförmiger Lagen, deren Substanz sich optisch verschieden hält, indem die eine doppeltbrechend ist, die andere nicht. Diese Differenz prägt sich auch im äußeren Ansehen aus in der Weise, daß die

doppelbrechenden Substanzlagen glänzend, die anderen matt erscheinen.

Die quergestreiften Muskelfasern vereinigen sich durch einfache Aneinanderlegung zu Muskelbündeln und bilden dadurch das, was wir Muskelfleisch nennen. Bei den Wirbeltieren sind es die willkürlichen Muskeln — also diejenigen, deren Bethätigung vom Willen des Tieres abhängig ist — und die Muskeln des Herzens, bei den Gliederfüßlern aber alle Muskeln, welchen das quergestreifte Muskelgewebe zu Grunde liegt.

Es bedarf kaum einer besonderen Erwähnung, daß sich bei allen Elementen des Muskelgewebes, gleichviel ob dieselben Muskelzellen oder Muskelfasern sind, die Kontraktilität in der Längsrichtung äußert.

Fig. 21. Epitelmuskelzelle. et Epitelteil, mt Muskelteil, k Kern.

Dies gilt auch für eine eigenartige Form von Muskelelementen, die als Epitelmuskelzellen (Fig. 21) bezeichnet werden und sich bei einfach gebauten Metazoën, wie z. B. dem uns schon bekannten Süßwasserpolypen, finden. Derartige Zellen haben eine doppelte Funktion: einerseits bilden sie echte Epitelien, andererseits dienen sie aber auch durch die ihnen eigene Kontraktilität der Bewegung. Diesem Verhalten entsprechend läßt eine Epitelmuskelzelle zwei verschieden gebaute Stücke erkennen. Während der von der freien Fläche abgekehrte Teil in spindel- oder fadenförmige Fortsätze ausgezogen ist, deren Protoplasma den fibrillären Charakter der Muskelsubstanz zeigt (Muskelteil), bewahrt die andere Hälfte durchaus den Bau einer typischen Epitelzelle (Epitelteil). Durch die gleichsinnige und epiteliale Verbindung der Epitelmuskelzellen wird innerhalb des Epitelteiles derselben eine Art ein-

schichtigen Epitel-, im Bereich des Muskelteiles hinwiederum eine Art mehr oder weniger geschichteten Muskelgewebes hervorgebracht, aber mit der Maßgabe, daß am Aufbau dieser beiden verschiedenen gewebeartigen Bildungen dieselben Zellen und stets in gleicher Weise beteiligt sind. Darin liegt ein Verhalten, welches das Epitelmuskelgewebe von den übrigen Geweben unterscheidet und nur dadurch ermöglicht ist, daß die Epitelmuskelzelle nicht für eine Funktion allein ausgerüstet ist. Eine solche Beschaffenheit läßt diese Zellart weniger einseitig ausgebildet, d. i. weniger differenziert, erscheinen als diejenigen der anderen Gewebe.

d. Das Nervengewebe.

Das Nervengewebe dient in erster Linie der Empfindung, aber auch den Willensbethätigungen. Die Elemente desselben heißen Nervenzellen (= Neura) und bestehen — darin ähnlich den eben geschilderten Epitelmuskelzellen — aus zwei verschieden gebauten und verschieden funktionierenden Teilen, die als Ganglienzelle und Nervenfaser unterschieden werden. Da diese herkömmliche Benennung allgemein üblich ist, sei sie auch hier beibehalten; wir müssen uns dabei aber immer vor Augen halten, daß der Ausdruck Ganglienzelle insofern unrichtig ist, als damit nur ein Teil der Nervenzelle bezeichnet wird und dieser natürlich nicht für sich wieder einer Zelle gleichgesetzt werden kann.

Die Nervenzellen sind nach Gestalt und Größe außerordentlich variabel. Stets besitzen sie mindestens einen, meist aber mehrere Fortsätze von oft bedeutender Länge, wonach man von unipolaren, bipolaren (Fig. 22) und multipolaren (Fig. 23) Nervenzellen spricht. Der eigentliche Körper der Nervenzelle besteht aus einem feingranulierten oder fibrillös gestreiften Proto-

plasmaleib, in welchem ein großer Kern, der meist ein ansehnliches Kernkörperchen enthält, eingebettet ist. Die Fortsätze der Nervenzellen sind dort, wo mehr als einer vorkommt, von zweierlei Art. Die einen sind glattrandig, hyalin und in ihrem Verlaufe von derselben Dicke, die anderen hingegen körnig oder feinstreifig und von wechselnder Dicke. Ausnahmslos besitzt jede Nervenzelle mindestens einen Fortsatz der ersteren Art, seltener zwei; er heißt Haupt- oder Achsencylinderfortsatz, die übrigen Fortsätze sind Neben- oder Protoplasmafortsätze. Bei den unipolaren Nervenzellen ist allein der Erstere vorhanden. Während sich die Nebenfortsätze nach kurzem Verlaufe vielfach verzweigen und

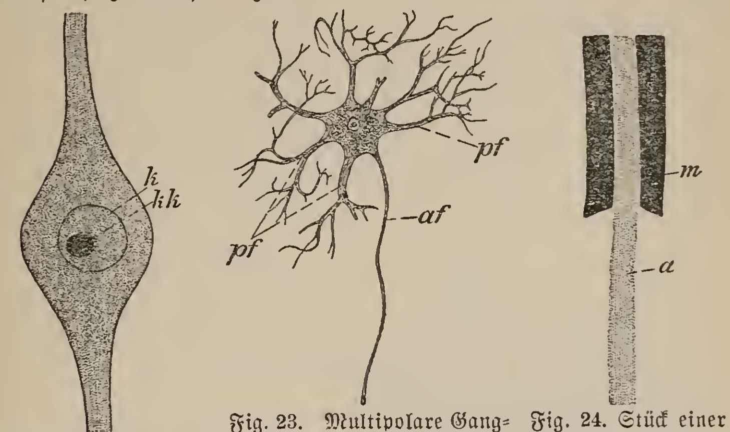


Fig. 22. Bipolare Ganglienzelle. k Kern, kk Kernkörperchen.

Fig. 23. Multipolare Ganglienzelle. af Achsencylinderfortsatz, pf Protoplasmafortsätze.

Fig. 24. Stück einer markhaltigen Nervenfaser. a Achsencylinderfortsatz, m Markscheide.

schließlich in ein dichtes Filzwerk auflösen, bietet der Hauptfortsatz in der Regel einen längeren und wenig oder gar nicht geteilten Verlauf dar und wird zum Achsencylinder der Nervenfaser. Man unterscheidet markhaltige (Fig. 24) und marklose oder nackte Nervenfasern, je nachdem der Achsencylinder derselben von einem Mantel einer stark lichtbrechenden

fettähnlichen Substanz, der Markscheide, umgeben ist oder nicht. Markhaltige Nervenfasern finden sich nur bei den Wirbeltieren. Nicht selten sind die Nervenfasern noch von einer zarten Bindegewebsmembran umkleidet, die als Schwann'sche Scheide bezeichnet wird. Die Achsencylinder der Nervenfasern zeigen eine deutlich fibrilläre Struktur. Neben der Verschiedenheit in der physiologischen Leistung bekundet sich die Nervenfaser der Ganglienzelle gegenüber auch dadurch als besonderes Gebilde, daß die Scheide in einem gewissen Abstande vor der Ganglienzelle endigt und nur der Achsencylinder als Hauptfortsatz sich in diese hinein erstreckt.

Die Vereinigung der Nervenzellen untereinander zum Nervengewebe soll überall auf einfachem Kontakt beruhen, also durch bloße Berührung erfolgen, nicht, wie man früher annahm, durch direkte Verbindung zustande kommen. Damit würde jede einzelne Nervenzelle, d. i. die Ganglienzelle mit der Gesamtheit ihrer Fortsätze einen hohen Grad von Selbständigkeit erhalten. Auch dort, wo Nervenfasern mit Muskelelementen, welche sie zur Aeußerung ihrer Kontraktilität anregen (motorische Nervenfasern) oder mit Sinneszellen in Verbindung treten (sensibleNervenfasern), würde es sich nach dieser neuesten Auffassung ausschließlich um Kontaktbeziehungen handeln.

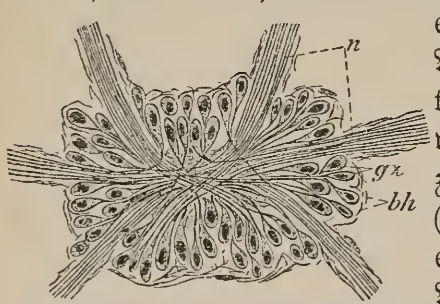


Fig. 25. Ein Ganglion. bh Bindegewebshülle, gz Ganglienzellen, n abgehende Nerven.

Lokalisierte und meist auch durch eine besondere Bindegewebslage nach der Umgebung hin abgegrenzte Komplexe von Ganglienzellen nennt man Ganglien (Knoten) (Fig. 25); die durch bündelartige Aneinanderlagerung erfolgenden Vereinigungen

von Nervenfasern bilden die Nerven. Die Wirkungsweise des Nervengewebes und seiner Teile wird im nächsten Abschnitt bei Besprechung des Nervensystems dargelegt werden.

5. Organe und Organsysteme.

Die Gewebe bilden die Grundlage für den Aufbau der Organe. Nur in seltenen Fällen repräsentiert bereits eine einzige Zelle, z. B. eine einzellige Drüse, ein Organ, häufiger schon gewisse Gewebe, wie insbesondere die Epitelien (Epidermis), in der Regel aber setzen sich die Organe aus Komplexen verschiedener Gewebe zusammen. Diese anatomische Unbestimmtheit hängt zunächst damit zusammen, daß der Begriff Organ in erster Linie physiologischer Natur ist und jede Bildung des tierischen Körpers bezeichnet, die einer einheitlichen Funktion als Werkzeug (Organ) dient, gleichviel welcher Art der Bau einer solchen Bildung ist. Das schließt selbstredend nicht in sich, daß der Bau eines Organs von der Funktion desselben unabhängig sei; Bau und Leistung der tierischen Organe stehen vielmehr naturgemäß im engsten Zusammenhange wechselseitiger Bedingtheit. Der einheitlichen Funktion eines Organs entspricht, in der Regel wenigstens, wohl auch eine gewisse anatomische Einheit desselben, die darin zum Ausdruck kommt, daß jedes Organ sich gegenüber seiner Umgebung als ein mehr oder weniger deutlich abgegrenztes Gebilde zu erkennen gibt; im Uebrigen aber können Bau, Entstehung und Lage am oder im Körper physiologisch gleichartiger Teile durchaus verschieden sein. Dieses Verhalten treffen wir oft im Tierreich an: dieselbe Funktion wird bei verschiedenen Tieren von morphologisch völlig differenten Organen ausgeübt. Die Kieme des Fisches und die Kieme des Krebses leisten genau dasselbe, sie vollziehen die Atmung,

sind also physiologisch gleichartige Teile; nach ihrem Bau, ihrer Entstehung und Lagebeziehung am Körper aber stellen sie grundverschiedene Bildungen dar. Ebenso verhält es sich mit den Flügeln eines Insekts und den Flügeln eines Vogels, morphologisch ganz differente Teile sind sie als Flugorgane physiologisch gleichartige Bildungen.

Diese Gegensätze in der physiologischen und morphologischen Beurteilung der Werkzeuge der Tiere können nicht befremden, wenn wir überlegen, daß wenigstens die elementaren Lebensäußerungen dieser Geschöpfe im Grunde überall dieselben sind, dieser physiologischen Gleichartigkeit aber eine fast unendliche Fülle der verschiedenartigsten morphologischen Verhältnisse gegenübersteht. Da ist es füglich nur ein einfaches Rechenexempel, daß dieselbe Funktion von morphologisch sehr differenten Teilen muß versehen werden können. In praktischer Hinsicht freilich zwingen jene Gegensätze, scharf zwischen morphologischer und physiologischer Betrachtungsweise zu unterscheiden. Wir haben schon bei einer früheren Gelegenheit darauf hingewiesen, daß eine Staatsqualle, die doch morphologisch einen Tierstock darstellt, physiologisch sich wie ein einzelnes Individuum verhält, und nannten derartige physiologisch übereinstimmende Bildungen analoge. Dasselbe gilt für die Organe. Die Fischkieme und die Krebskieme sind analoge Organe, ebenso die Flügel eines Vogels und eines Insekts. Demgegenüber bezeichnet man morphologisch, also nach Bau, Entstehung und Lagebeziehung gleichartige Teile des Tierkörpers ohne Rücksicht auf die Qualität ihrer Leistungen als homologe Bildungen. Analogie bedeutet demnach physiologische, Homologie morphologische Uebereinstimmung. Ein Beispiel der letzteren Art bieten der Flügel des Vogels, die Brustflosse des

Fisches und der Vorderfuß eines Säugetieres, Organe, die wohl insgesamt der Bewegung dienen, aber in sehr verschiedener Weise, einmal als Flugorgan, beim Fisch als Schwimmorgan und beim Säuger als Gehorgan, und dabei morphologisch durchaus gleichartige Bildungen darstellen. Noch auffälliger tritt der Gegensatz zwischen morphologischem und physiologischem Charakter bei einem anderen Beispiel zu Tage. Viele Fische besitzen eine sackförmige Ausstülpung des Vorderdarms, ein Organ, welches als Schwimmblase bezeichnet wird und dem Tier als hydrostatischer Apparat zur Erhaltung seines spezifischen Gewichtes dient. Bei den luftatmenden Wirbeltieren ist dieselbe Bildung Atemorgan, Lunge. Schwimmblase und Lunge sind homologe Organe, ihre Leistungen sind aber völlig verschieden.

Der Begriff Organ ist indes auch sehr relativer Natur, zumal in dem gebräuchlichen physiologischen Sinne; denn es leuchtet ein, daß eine einheitliche Funktion im Gesamtleben eines Tieres eine sehr verschiedene Bedeutung besitzen kann. Die Mundöffnung einer Hydra beispielsweise dient zunächst der Nahrungsaufnahme, die sie umstehenden Tentakel liefern dem Tiere Werkzeuge zum Einfangen und Ergreifen der Nahrung. Jede dieser Bildungen hat also eine bestimmte einheitliche Leistung zu vollziehen, ist aber doch nur ein Teil des Ernährungsorgans, dessen Funktion als die allgemeinere physiologische Einheit die Leistungen jener in sich schließt. Was man ein Organ nennt, hängt daher von der Wertschätzung der einzelnen Funktionen ab, die uns ein tierischer Organismus darbietet, und ist naturgemäß mehr oder weniger willkürlich. Hier entscheidet hauptsächlich Herkommen und Gebrauch. Darnach pflegt man den Ausdruck Organ auf solche Teile des Tierkörpers anzuwenden, welche einfacheren Funktionen dienen, dagegen für

diejenigen, deren Leistungen weitergehende sind und daher mehrere oder viele Organe umfassen, Ausdrücke wie Apparat, Organsystem oder kurz System zu gebrauchen. So spricht man beispielsweise von einem Nervensystem, einem Geschlechtsapparat, aber von Sinnesorganen. Es kann sich hierbei umsoweniger um scharfe Unterscheidungen handeln, als einerseits bei den verschiedenen Tieren dieselbe Funktion bald von einem einzigen Organ, bald von einem System solcher geleistet werden kann, andererseits aber auch mehrere verschiedene Funktionen, die bei gewissen Tieren von besonderen Organen oder Organsystemen versehen werden, bei anderen die Leistung eines einzigen Organs darstellen. Auf diesem Verhalten beruht die übliche Unterscheidung von niederen (= primitiven) und höheren (= differenzierten) Tieren, je nachdem die die Lebensäußerungen bewirkenden Organe eine einfachere oder kompliziertere Organisationsstufe des ganzen Tieres bedingen.

Aus dem Gesagten versteht es sich von selbst, daß für die Einteilung der Organe die physiologische Qualität derselben maßgebend ist. Der folgenden Darstellung der tierischen Organe ist deshalb die nachstehende Gruppierung zu Grunde gelegt:

I. Vegetative Organsysteme:

Dienen Funktionen, welche dem Tiere mit der Pflanze gemeinsam sind.

1. Organsystem der Ernährung:
   a) Verdauungsorgan
   b) Atmungsorgan
   c) Kreislaufsorgan
   d) Abscheidungsorgan
2. Organsystem der Fortpflanzung:
   Geschlechtsapparat

II. Animale Organsysteme:

Dienen Funktionen, die dem Tiere allein eigen sind.

1. (3.) Organsystem der Empfindung:
   a) Nervensystem
   b) Sinnesorgane
2. (4.) Organsystem der Bewegung.

6. Die Organsysteme im Einzelnen.

A. Ernährungssystem.

Die Ernährung der Tiere beruht, wie wir bereits wissen, auf dem Stoffwechsel, ein Ausdruck, mit welchem diejenige Fähigkeit der Tiere bezeichnet wird, vermöge deren dieselben von Außen her bestimmte Substanzen (Nahrung im weitesten Sinne) in sich aufnehmen und daselbst in geeigneter, der Erhaltung ihrer selbst dienender Weise chemisch umwandeln (= assimilieren). Die von den Tieren als Nahrung verwandten Substanzen umfassen feste, flüssige und gasförmige Stoffe. Während die Art der festen Nahrungsmittel bei den verschiedenen Tierformen den mannigfaltigsten Wandlungen unterliegt, zeigt sich in Bezug auf die flüssige und gasförmige Nahrungsaufnahme eine ausnahmslose Uebereinstimmung: Alle Tiere brauchen Wasser, wenn auch in wechselndem Betrage, und Sauerstoff. Die Aufnahme und chemische Verarbeitung der festen und flüssigen Nahrung pflegt man wohl schlechtweg als Ernährung (Ernährung im engeren S.) zu bezeichnen und ihr die Aufnahme und Verarbeitung des Sauerstoffs als Atmung (Respiration) zur Seite zu stellen.

Da die Zellentiere, zumal in ihren komplizierter gebauten Formen sowohl für die letztere Funktion, wie für die Ernährung i. e. S. besondere Organe (Respirations- und Verdauungsorgan) besitzen, so leuchtet ein, daß dem ganzen Tiere wenig

gedient wäre, wenn nur diese und nicht alle Organe gleichmäßig ernährt würden. Um daher eine allseitige Ernährung zu bewerkstelligen, tritt zur Ernährung i. e. S. und zur Atmung noch ein weiteres Organ, welches die durch den Stoffwechsel erzeugten eigentlichen Nahrungsstoffe im ganzen Organismus verbreitet: Das Kreislaufsorgan (Zirkulationsorgan).

Bei der chemischen Verarbeitung, der Assimilation der Nahrung im Inneren des Tierkörpers werden indes, wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, auch Substanzen gebildet, die für das Tier wertlos sind und deren Verbleib im Körper desselben den Träger schädigen würde; sie werden, soweit sie stickstoffhaltig und flüssig (gelöst) sind, durch ein eigenes Organ der Abscheidung (Exkretionsorgan) nach Außen fortgeschafft. Die unbrauchbaren festen und gasförmigen Stoffwechselprodukte gelangen durch die bezüglichen Organe selbst, also durch das Ernährungsorgan i. e. S. und das Organ der Respiration nach Außen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Gesamternährung des Tieres von 4 Organen mit spezifischen Leistungen vollzogen wird. Aber nicht alle Metazoën besitzen einen so komplizierten Bau, daß sie alle vier Teile des Ernährungssystems darbieten. Je einfacher der Aufbau eines Tieres gestaltet ist, desto einfacher ist auch das Ernährungssystem desselben eingerichtet. Bei den niedersten Zellentieren, den Schwämmen, zu welchen unser Badeschwamm gehört, besteht der Ernährungsapparat in einem meist unregelmäßigen und verzweigten Röhrensystem, welches das Innere des Schwammes durchsetzt und mit der Außenwelt durch zahlreiche Oeffnungen kommuniziert. Auf diesen Wegen flutet fortgesetzt ein sich stetig erneuernder Wasserstrom durch den ganzen Schwamm, welcher die ge-

samte Ernährung vollzieht. Aehnliche Befunde bieten die Nesseltiere dar, aber mit der Maßgabe, daß hier das Röhrensystem nicht regellos, sondern bestimmt radiär angeordnet erscheint und daß an die Stelle der vielen Oeffnungen, die den Schwamm auszeichnen, eine einzige Oeffnung tritt, die sowohl der Nahrungsaufnahme als auch der Abgabe der unbrauchbaren Stoffwechselprodukte dient. In beiden Fällen, beim Schwamm wie beim Nesseltier, erfolgt die Atmung dadurch, daß die das Röhrensystem auskleidenden Zellen dem aufgenommenen Wasser den freien Sauerstoff entziehen. Die gekennzeichnete einfachste Form des Ernährungsapparates wird Gastrovaskularsystem genannt. Auf den höheren Stufen der tierischen Organisation, bei den Bilateraltieren, finden wir indes in der Regel die oben erläuterten vier Organsysteme mehr oder weniger vollkommen ausgebildet und müssen sie deshalb auch gesondert betrachten.

a. **Verdauungsorgan** (Ernährung i. e. S.).

Im einfachsten Falle stellt sich das Verdauungsorgan (= Digestionsorgan) als ein Rohr (Darmrohr) dar, welches an beiden Enden offen ist und bei der überwältigenden Mehrheit der Tiere in der Medianebene von vorn nach hinten ziehend gelegen ist. Die vordere Oeffnung dient zur Nahrungsaufnahme und heißt Mund, die hintere dagegen entläßt die unbrauchbaren festen Stoffwechselprodukte nach Außen und wird After genannt. Die Wandung des Verdauungsrohres wird von einem Epitel gebildet, in welches reichlich Drüsenzellen eingelagert sind, deren Sekrete sich mit den aufgenommenen Nahrungskörpern vereinigen und die chemische Verarbeitung der letzteren — die Verdauung — bewirken. Muskelzüge, welche der Darmwandung dicht anliegen, ermöglichen selbständige

Bewegungen des Darmes, mittelst welcher die Nahrungsballen im Verdauungsrohr weiter befördert werden. Bei manchen Tieren fehlen solche Darmmuskeln, dann bewirken die Kontraktionen der allgemeinen Leibesmuskulatur Bewegungen des ganzen Tieres, welche denselben Erfolg erzielen.

Die Verdauung beruht auf einem sehr komplizierten chemischen Vorgang, der hier nicht näher erläutert werden kann. Da die Epitelzellen des Darmes feste Substanzen nicht aufzunehmen vermögen, die Nahrungsstoffe vielmehr nur in gelöstem Zustande aufzusaugen (= resorbieren) imstande sind, führt überall die Verdauung zunächst zu einer Verflüssigung der Nahrung, die eine breiige Beschaffenheit annimmt (Chymus). Nun werden durch die Einwirkung der Sekrete der dem Darm eigentümlichen Drüsen, die nach Zahl und Art sehr verschieden sein können, die im Nahrungsbrei enthaltenen Eiweißverbindungen gelöst; und jetzt erst vermögen die Epitelzellen des Darms aus dem zum Chylus gewordenen Chymus die Nahrungsstoffe zu resorbieren. Aus den Darmzellen gelangen die letzteren sodann in ein System feinster Röhrchen, die Lymphgefäße, welche das empfangene Nährmaterial dem Blute zuführen. Die unbrauchbaren — unverdaulichen — Produkte der Verdauung werden in den Endabschnitt des Darmkanals weiterbefördert und schließlich durch den After entleert.

Die chemischen Umwandlungen, welche die Nahrungskörper durchzumachen haben, um die in ihnen enthaltenen Nahrungsstoffe in einen für die Darmzellen brauchbaren Zustand überzuführen, erfordern demnach eine mehr oder weniger komplizierte und in bestimmter Folge sich vollziehende Vereinigung mit verschiedenartigen Sekreten, welche von den Drüsenzellen des Darmes selbst oder von Anhangsgebilden

des letzteren (Leber, Pankreas u. s. w.) geliefert werden müssen. Dementsprechend treffen wir nach Maßgabe der Komplikation des Baues das Darmrohr der Tiere in eine größere oder geringere Anzahl von Abschnitten gesondert, deren jeder eine besondere Aufgabe im Ganzen des Verdauungsvorganges zu erfüllen hat. Im Zusammenhang damit ist auch der Bau der aufeinanderfolgenden Abschnitte des Darmes, sowie der Anhänge des letzteren ein sehr verschiedener, so daß man die einzelnen Teile durch besondere Namen unterscheidet. Beispielsweise spricht man von einer Mundhöhle, einem stets muskelkräftigen Schlund, einer Speiseröhre, einem Magen, einem Mittel- oder Chylus- und einem End- oder Afterdarm als Abschnitten des Darmrohres oder von Speicheldrüsen, Leber, Pankreas u. a. als Anhangsgebilden desselben. Selbstredend kann diese Regionenbildung des Darmkanals und die Zahl seiner Anhangsorgane auf den höchsten Stufen der tierischen Organisation (Wirbeltiere) sich noch weiter ausgestalten (Fig. 26), andrerseits aber auch wesentlichen Vereinfachungen unterliegen.

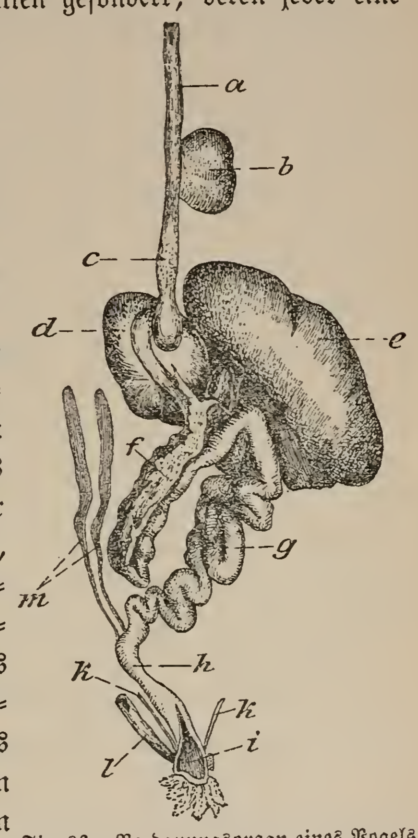


Fig. 26. Verdauungsorgan eines Vogels (Haushuhn). a Speiseröhre, b Kropf, c Drüsenmagen, d Kaumagen, e Leber, f Pankreas, g Dünndarm, h Dickdarm, i Kloake, k Harnleiter, l Eileiter, m Blindsäcke.

Bemerkenswerte Bildungen treten weit verbreitet im Bereich der Mundhöhle und ihrer Umgebung auf, die teils dem Ergreifen der Nahrung, teils einer mechanischen Zubereitung der bereits aufgenommenen dienen. Die letztere besteht vornehmlich im Zerkleinern der Nahrungsbissen, da sie in solcher Form leichter verdaut werden, weil sie allseitig und innig von den Sekreten der Darmdrüsen durchsetzt werden können. Abgesehen von den Extremitäten, welchen vielfach ebenfalls eine unmittelbare Bedeutung für den Nahrungserwerb zukommt, und den bei niederen Metazoën (Nesseltieren) im Umkreise des Mundes entwickelten Tentakeln, die man schlechtweg als Fangarme betrachten darf, finden sich vor oder in der Mundhöhle, daneben manchmal selbst noch in tieferen Regionen des Darmtraktus (Kaumagen), kräftige, von starken Muskeln bediente Organe von mannigfacher Gestaltung, die als Kiefer bezeichnet werden. Bei den Wirbeltieren kommen noch die verschiedenartigen Zahnbildungen dazu, die den Kiefern und nicht selten auch anderen Knochen der Mundhöhle eingepflanzt sind und in Form und Anordnung den jeweiligen Ernährungsbedingungen der Träger entsprechen.

Vereinfachungen des Verdauungsapparates treffen wir im Tierreich bei zahlreichen Würmern an, zunächst darin bestehend, daß das Hinterende des Verdauungsrohres geschlossen ist, der After also fehlt, in welchen Fällen die Mundöffnung auch zugleich als Afteröffnung fungiert (Plattwürmer). Bei Tieren, die als Schmarotzer (= Parasiten) meist im Inneren anderer Tiere auf Kosten derselben leben, kommt es oft, wie bei den Bandwürmern, die sich im Darmkanal der Wirbeltiere aufhalten, zu einem vollständigen Schwunde des ganzen Darmrohres; hier erfolgt die Ernährung dann allseitig durch feinste Poren der Leibeswandung auf endosmotischem Wege

(Auffaugung der im umgebenden Medium enthaltenen Nahrung).

Hinsichtlich der Lagerung des Verdauungsrohres im Tierkörper ist zu dem Eingangs Bemerkten noch hinzuzufügen, daß die Mundöffnung fast immer im Bereich des Vorderendes des Tieres gelegen ist, und zwar entweder unmittelbar am Vorderende selbst (terminal) oder ein Geringes, seltener mehr von diesem entfernt, auf der Bauchseite. Erheblicheren Variationen unterliegt die Lagerung des Afters, wenngleich auch hier das Hinterende oder doch dessen ventrale Nähe der Träger desselben zu sein pflegt. Das Darmrohr selbst ist von sehr wechselnder Länge und überall dort, wo die Länge desselben die Körperlänge des Tieres um ein Mehreres oder Vielfaches übertrifft, in Schlingen oder Windungen gelegt.

b. Atmungsorgan.

Das Sauerstoffbedürfnis der Tiere wird durch die Atmung befriedigt. Diese besteht in einem Gasaustausch, bei welchem aus dem umgebenden Medium (Luft oder Wasser) Sauerstoff eingenommen und dafür Kohlensäure nach Außen abgegeben wird. Ueberall finden wir bei den Tieren, gleichviel ob besondere Atemorgane ausgebildet sind oder nicht, die oberflächliche Körperbedeckung, soweit sie zart genug ist, um für Gase durchgängig zu sein, im Dienste der Atmung thätig. Aber nur auf niederen Stufen der tierischen Organisation genügt eine solche *Hautatmung*, der freilich vielfach, wie z. B. bei den Schwämmen, noch eine ähnliche Art innerer Sauerstoffaufnahme aus dem das Röhrensystem dieser Tiere durchströmenden Wasser parallel geht. In allen anderen Fällen dienen der Atmung besondere Organe, die je nach dem Medium, in welchem die Tiere leben, verschieden sind. Darnach unterscheidet man Organe der Wasseratmung und solche der Luftatmung; erstere werden *Kiemen*, letztere *Lungen* genannt.

Indes muß hier alsbald eingeschaltet werden, daß keineswegs alle, sei es dauernd, sei es vorübergehend, im Wasser lebenden Tiere durch Kiemen atmen; es gibt viele durch Lungen atmende Wasserbewohner unter den Tieren, wie die großen Säuger des Meeres (Walfisch, Delphin) oder, um ein näherliegendes Beispiel zu wählen, unsere Frösche zur Zeit ihrer Fortpflanzung. Solche Tiere müssen zum Behufe ihrer Atmung von Zeit zu Zeit an die Oberfläche des Wassers sich erheben, um Luft zu schnappen.

Die Kiemen sind weichhäutige und dünnwandige, büschel- oder blattförmig gestaltete Organe, die entweder unmittelbar nach Außen hervortreten oder unter einer sie mehr oder weniger schützenden Hülle geborgen sind. Entsprechend der verschiedenartigen Organisation und Lebensweise ihrer Träger finden sich die Kiemen an sehr verschiedenen Stellen des Körpers angebracht, immer aber so, daß sie der steten Berührung mit frischem Wasser leicht zugänglich sind. So erscheinen sie beispielsweise bei den Krebsen als mannigfaltig gestaltete Anhänge der Extremitäten dieser Tiere, ein Verhalten, das verständlich wird, wenn wir wahrnehmen, daß die lebhafte Beweglichkeit der Extremitäten einen sich stetig erneuernden Wasserstrom im Umkreise der Kiemen hervorbringt. Bei Würmern, deren Körper in selbstgefertigten Gehäusen geborgen ist, sind die Kiemen in Form mächtiger, weit ausspannbarer Büschel ausgebildet, die auf das Vorderende des Tieres lokalisiert und meist in das Gehäuse zurückziehbar im ungestörten Zustande von dem Tiere ins Wasser hinaus ausgebreitet werden. Bei den wasserbewohnenden Wirbeltieren sehen wir die Kiemen an den Seiten des Kopfes angebracht (Fische). Hier stellen sie nichts anderes als Aussackungen des Anfangsteils des Darmkanals dar, die seitlich durch-

brechen und nach Außen münden (Kiemenspalten). Es sind Darmkiemen gegenüber den früher besprochenen Hautkiemen, die aus Ausstülpungen der Haut hervorgehen.

Die Luftatmungsorgane — Lungen — sind, wenigstens im Bereich der Wirbeltiere ausschließlich, insofern Anhangsgebilde des Darmkanals, als sie mit diesem direkt oder mittelst der Luftröhre kommunizieren. Die letztere stellt lediglich ein Zuleitungsorgan der Atemluft für die Lungen dar. Bei den luftatmenden wirbellosen Tieren sind die Lungen wieder Hautbildungen, die keine Beziehungen zum Darmtraktus aufweisen und sich gegenüber den Darmlungen, deren Inneres von schwammiger Beschaffenheit ist und ein reich verzweigtes Netzwerk von feinsten Bälkchen enthält, als einfacher gestaltete Organe der Luftatmung präsentieren.

Sowohl die Kiemen, wie die Lungen sind dadurch ausgezeichnet, daß sie ein mehr oder weniger kompliziertes System ungemein zartwandiger Blutgefäße (Kapillarsystem) beherbergen und eben dadurch zum Gaswechsel — der Atmung — befähigt erscheinen. Der Sauerstoff der Luft oder des Wassers tritt durch die dünnen Wandungen der Kapillargefäße in diese und damit in das in diesen kreisende Blut ein, welches für den empfangenen Sauerstoff auf demselben Wege in umgekehrter Richtung die unbrauchbare, in den Geweben und Organen des Körpers entstandene, vom Blut aufgenommene und den Atemorganen zugeführte Kohlensäure abgiebt. Das in die Kapillargefäße der Atmungsorgane eintretende Blut ist also der eigentliche Herd des Atemvorganges. Solches Blut ist sauerstoffarm, aber mit Kohlensäure gesättigt (venöses Blut im physiologischen Sinne). Durch den Gasaustausch in den Respirationsorganen wird bewirkt, daß das aus diesen heraustretende Blut der Kohlensäure ledig und

mit frischem Sauerstoff beladen ist (arterielles Blut im physiologischen Sinne).

Es leuchtet ein, daß der Gaswechsel in den Atemorganen umso lebhafter sein wird, je größer die Berührungsfläche der Kapillargefäße dieser Organe für das umgebende Medium ist. Deshalb finden wir allenthalben den Bau der Respirationsorgane auf möglichste Oberflächenentfaltung eingerichtet und auf den höheren Stufen der Organisation auch eine besondere Atemmuskulatur entwickelt, die es ermöglicht, den Atemorganen eine große Menge Atemluft oder Atemwasser zuzuführen und nach erfolgtem Gasaustausch wieder zu nehmen (Ein- und Ausatmen).

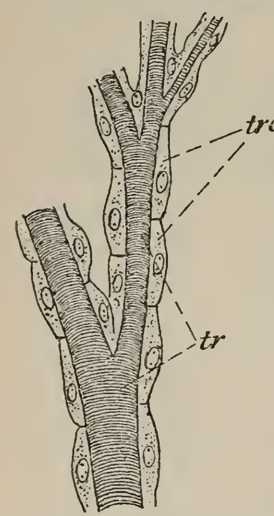


Fig. 27. Stück einer Trachee. tr Trachee, tre Epitelbekleidung der Trachee.

Eine besondere Art von Organen der Luftatmung besitzen die Spinnen, Tausendfüßler und Insekten, es sind die Tracheen (Fig. 27). Am Besten sind dieselben unter den Insekten ausgebildet. Die Tracheen stellen ein reichverzweigtes, meist durch den ganzen Körper verbreitetes System von Röhrchen vor, die alle Organe umspinnen und durch besondere Oeffnungen in der Haut (Stigmen) mit der Außenwelt, der umgebenden Luft in Verbindung stehen. Es sind Hautbildungen wie die Hautkiemen, aber nach Innen entwickelt, die aus Einstülpungen der Haut ihren Ursprung nehmen. Die Wandungen der kurz als Tracheen bezeichneten Röhrchen enthalten einen spiralig aufgerollten, elastischen Faden (Spiralfaden), welcher die Tracheenkanälchen stützt und durch seine Elastizität die Erweiterungs-

fähigkeit derselben bedingt. So vermag z. B. ein Insekt mittelst seiner Stigmen fortgesetzt frische, sauerstoffreiche Luft in sein Tracheensystem aufzunehmen und nach vollzogenem Gasaustausch dieselbe wieder — kohlensäurereich und sauerstoffarm — auszupressen. Im Gegensatze zu der Atmung durch Kiemen und Lungen, bei welchen der Gaswechsel eben in diesen Organen erfolgt, erscheint die Respiration der Tracheenatmung insofern andersartig, als hier jedes Organ im Körper unmittelbar mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung gebracht wird, denselben also ohne Vermittlung des Blutstroms aufzunehmen vermag und ebenso direkt die entwickelte Kohlensäure an die in den Tracheen vorüberstreichende Luft abgeben kann.

Eine Art von Uebergang der Tracheenatmung zur Lungenatmung bedeutet die den Spinnen eigentümliche, freilich nur unvollkommene Lokalisation des Tracheensystems auf bestimmte Körperstellen (Tracheenlungen), in deren Gefolge auch die Gestaltung des ganzen Apparates eine andere wird. In der Richtung der Kiemenatmung vermitteln die übrigens nicht besonders verbreiteten Tracheenkiemen einen leicht erkennbaren Uebergang, zumal die Bildung derartiger Organe mit Ausstülpungen der Haut einhergeht, durch welche die Tracheenkiemen als äußere Anhänge der Körperoberfläche erscheinen. In beiden Fällen haben wir es nicht mehr mit einem bloßen Röhrchensystem zu thun, sondern mit blattförmigen, also flächenhaft ausgebreiteten Organen, neben welchen das eigentliche Röhrchensystem mehr oder weniger in den Hintergrund tritt. Dementsprechend wird auch die Unmittelbarkeit der Atmung seitens der einzelnen Organe des Körpers beschränkt.

Auch der der Atmung zu Grunde liegende Prozeß, der Austausch von Sauerstoff gegen Kohlensäure, beruht auf einem

chemischen Vorgange. Wir sehen, daß der Gaswechsel an eine Flüssigkeit, die wir **Blut** nennen, gebunden ist. Das Blut ist die Ernährungsflüssigkeit des tierischen Organismus; denn alle im Stoffwechsel erzeugten Nährstoffe, sowohl die von den Darmzellen resorbierten (Chylus) wie auch die auf dem Wege der Atmung gewonnenen, werden in das Blut verbracht und von demselben den verschiedenen Organen des Körpers zugeführt. Andererseits nimmt das Blut auf seinen Bahnen aus den letzteren wenigstens einen Teil der unbrauchbaren Stoffwechselprodukte (Kohlensäure) fort, eben um sie gegen brauchbares Nahrungsmaterial (Sauerstoff) auszutauschen. Dabei ist aber zu bemerken, daß bei den Wirbeltieren neben dem Blute noch eine zweite Ernährungsflüssigkeit besteht, die **Lymphe**, welche sich zwischen die resorbierenden Darmzellen und gewisse Blutbahnen einschaltet, freilich in letzter Auflösung die in ihr enthaltenen Nahrungsstoffe gleichfalls dem Blute zuleitet. Die übrigen Metazoën besitzen nur **eine** Ernährungsflüssigkeit, die, gleichviel wie sie beschaffen ist, als Blut bezeichnet wird.

Das Blut der Wirbeltiere ist bekanntlich rot gefärbt. Diese Erscheinung rührt daher, daß in das eiweißreiche flüssige Blutplasma, welches durchaus farblos ist, zahlreiche bestimmt geformte rötliche Körperchen eingelagert sind, die **roten Blutkörperchen** (Fig. 28). Die Farbe dieser Bildungen wird von dem Gehalt derselben an Blutfarbstoff (= Hämoglobin) bedingt und diese Substanz ist es auch, welche den Gaswechsel bewirkt. Die roten Blutkörperchen sind, obwohl stets aus kernhaltigen Zellen entstanden, manchmal kernlos (Säuger). Neben ihnen treffen wir im Blute der Wirbeltiere, wenn auch in

Fig. 28. Rote Blutkörperchen (Frosch). A von der Seite, B von der Fläche, k Kern.

viel geringerer Zahl, kernhaltige und farblose Zellen an, die mit einer lebhaften, eigenartigen, fortgesetzte Gestaltsveränderungen hervorrufenden Beweglichkeit (= amöboide Bewegung) ausgestattet sind und weiße Blutkörperchen, Lymphzellen oder Lymphkörperchen (= Leukocyten) genannt werden. Sie stammen auch thatsächlich aus der Lymphe, die im Grunde nichts anderes darstellt als Blut ohne rote Blutkörperchen, dafür aber mit desto zahlreicheren Lymphzellen.

Das Blut der einfacher gebauten Metazoën ist in der Regel farblos; wo es rot (Regenwurm) oder anders gefärbt erscheint, wird dies durch Farbstoffe hervorgerufen, welche im Blutplasma gelöst enthalten sind, das stets reichlich von Lymphkörperchen erfüllt ist. Darin, daß bei vielen Tieren Blut und Lymphe in Eins, zusammenfallen, bekundet sich gegenüber den Wirbeltieren eine tiefere Stufe der Organisation.

In erster Linie mit der Atmung, indes auch mit dem Gesamtstoffwechsel überhaupt hängt der allgemein bekannte Umstand zusammen, daß die Tiere hinsichtlich ihrer eigenen Körpertemperatur zweierlei verschiedene Befunde darbieten, die wir in der Unterscheidung von Kaltblütern und Warmblütern zum Ausdrucke zu bringen pflegen. Diese Bezeichnungsweise entspricht dem thatsächlichen Verhalten nur wenig, und deshalb wollen wir uns in der Folge der zutreffenderen Ausdrucksweise bedienen und die sog. Warmblüter als eigenwarme und die sog. Kaltblüter als wechselwarme Tiere unterscheiden. Eigenwarme Tiere sind diejenigen, welche unabhängig von den Temperaturschwankungen der umgebenden Außenwelt ihrem Körper eine bestimmte Temperatur (Eigenwärme) dauernd erhalten, wechselwarme aber solche, deren Körpertemperatur von der Temperatur des umgebenden Mediums bestimmt wird und mit diesem fällt und steigt,

letzteres selbstverständlich innerhalb gewisser Grenzen, die, ohne die Lebensfähigkeit aufzuheben, nicht überschritten werden dürfen. Wir haben uns dabei aber nicht etwa vorzustellen, daß die wechselwarmen Tiere eine absolut niedere Temperatur ihres Körpers aufweisen, sie erscheinen uns nur im Verhältnis zu unserer eigenen Körperwärme (c. 37° C) als kaltblütige, woher denn auch diese Ausdrucksweise stammt. Wer je einen Frosch, beispielsweise den salonfähigen Laubfrosch in der Hand gehabt hat, wird des auffälligen Mangels einer unserer eigenen vergleichbaren Körperwärme bei solchen Tieren deutlich gewahr geworden sein.

Die Wärme des Tierkörpers resultiert aus den chemischen Vorgängen des Stoffwechsels, bei welchen stets Wärme erzeugt wird. Je intensiver sich daher der Stoffwechsel im Tierkörper gestaltet, desto größer wird auch die Wärmeproduktion in demselben und damit sein Wärmegehalt sein. Da die Art des Stoffwechsels — die Bedürfnisse desselben — naturgemäß von der Gesamtorganisation eines Tieres abhängig ist, so leuchtet ein, daß eine gewisse Körpertemperatur für das Gedeihen jedes Tieres unerläßlich ist; und dies gilt von den wechselwarmen Tieren, ebenso wie von den eigenwarmen, wenn auch in sehr verschiedenem Umfange. Da aber die eigenwarmen Tiere einer bestimmten gleichbleibenden Temperaturhöhe dauernd zu ihrer Lebensfähigkeit bedürfen, so ist für sie die Erhaltung gerade dieser Temperatur von besonderer Wichtigkeit. So treffen wir denn auch bei diesen Tieren mannigfache Einrichtungen zur Regelung ihrer Körperwärme gegenüber den Temperaturschwankungen der Außenwelt, Schutzvorrichtungen, um sowohl zu großer, wie zu geringer Wärme der letzteren wirksam begegnen zu können. Unter diesen Gesichtspunkt fallen die Schweißdrüsen, die Ent-

wicklung eines spezifischen Winterkleides, Ruhezustände, wie sie im Sommer- beziehungsweise Winterschlafe mancher Tiere vorliegen, regelmäßig wiederkehrende Ortsveränderungen (Wanderungen und Züge z. B. vieler Vögel) und anderes.

c. Kreislaufsorgan.

Um die im Stoffwechsel, vor Allem die durch die Atmung gewonnenen Nährstoffe allen Organen und Geweben des Körpers zuzuführen, treffen wir bei weitaus den meisten Tieren ein besonderes System von Röhren und feinsten Röhrchen an, in welchen die Ernährungsflüssigkeit — das Blut — durch den ganzen Körper in bestimmter, einen Kreislauf darstellender Weise zirkuliert, das Blutgefäß- oder Kreislaufsystem. Da das Blut in den Gefässen selbstredend immer in einer Richtung, passiv umhergetrieben werden muß, enthält das Blutgefäßsystem größere oder kleinere Abschnitte, innerhalb welcher die Wandungen der Gefässe mit Muskeln ausgestattet sind, deren Thätigkeit den Kreislauf des Blutstroms unterhält. Auf den einfacheren Stufen der Organisation sind es größere Gefässe, welche, oft in beträchtlicher Ausdehnung, durch die Kontraktilität ihrer Wandungen ausgezeichnet sind. Charakteristische Beispiele dieser Art bieten viele Würmer.

In den meisten Fällen kommt es aber zur Ausbildung eines eigenen, lediglich der Blutbewegung dienenden Organes, das sich in den Verlauf der Blutgefässe einschaltet und Herz genannt wird. Bei den durch Tracheenatmung gekennzeichneten Tieren ist das Herz einem einfachen kontraktilen Blutgefäß noch am Aehnlichsten gestaltet, indem es als ein langgezogenes, in der Medianebene auf der Rückenseite über dem Darm gelegenes Rohr oft nahezu die ganze Länge des

Tieres durchzieht. Dieses Rückengefäß ist mit seitlichen paarigen Oeffnungen, durch welche das Blut in dasselbe eintritt, sowie mit einer vorderen Oeffnung versehen, welche das Blut wieder entläßt. Bei den höheren Tieren, vor allen den Wirbeltieren, ist das Herz ein kräftiger Muskelsack, dessen Höhlung in mindestens zwei Räume gesondert ist, von welchen der eine, Kammer genannt, das Blut, welches der andere als Vorhof bezeichnete aufgenommen hat, wegführt. Vorhof und Kammer sind mit verschließbaren Ventilen mannigfacher Art ausgestattet, welche die Zirkulation des Blutes regeln, insbesondere ein Zurückfließen des letzteren aus der Kammer in den Vorhof verhüten, und als Klappen bezeichnet werden (Fig. 29).

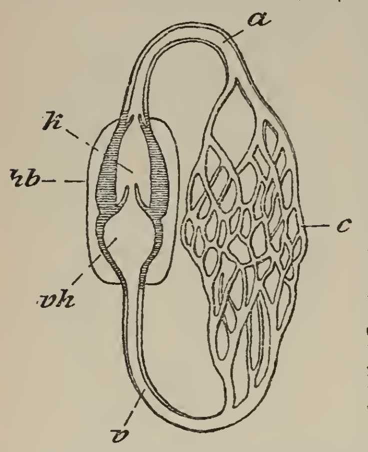


Fig. 29. Schema des Blutkreislaufs. a Arterie, c Kapillaren, hb Herzbeutel, k Kammer, vh Vorhof.

Die Kontraktionen der Herzmuskulatur pflegen rhythmisch zu erfolgen und sind unabhängig von dem Willen des Tieres. Sie bedingen eine regelmäßige, ununterbrochene Aufeinanderfolge zweier verschiedener Zustände des Herzens, die Systole und Diastole genannt werden. Die Systole ist durch die Kontraktion des Herzmuskels bestimmt, wodurch das in dem Herzen enthaltene Blut aus demselben hinausgetrieben wird, die Diastole dagegen durch die der Kontraktion folgende Erschlaffung der Herzmuskulatur, welche naturgemäß mit einer Erweiterung der Herzhöhle verbunden ist, die den Eintritt neuer Blutmassen in das Herz ermöglicht. So stellt das Herz eine Pumpe dar, die fortgesetzt Blut in sich aufnimmt und wieder abgibt.

Das Herz empfängt das Blut aus Gefässen und entläßt es wieder in solche. Darnach unterscheidet man zuleitende und ableitende Gefäße; erstere sind dünnwandig und heißen Venen, die letzteren besitzen kräftigere Wandungen und werden Arterien genannt. Wir haben eine ähnliche Bezeichnungsweise bereits für das Blut vor und nach seinem Aufenthalte im Respirationsorgan kennen gelernt. Da das Blut vor seinem Eintritt in die Atmungsapparate als venöses bezeichnet wird, bei seinem Austritt aus demselben als arterielles, je nach der Beschaffenheit des Blutkreislaufes aber die das Blut in die Atmungsorgane führenden Gefäße Venen oder Arterien sein können, so ist zu verstehen, daß das dem Herzen zugeleitete Blut ebensowohl venös, wie arteriell sein kann; man spricht mit Bezug darauf von venösen und arteriellen Herzen; die Fische beispielsweise besitzen ein venöses Herz. Die Ausdrücke Vene und Arterie sind lediglich anatomische Bezeichnungen und besagen daher keineswegs, daß die Vene venöses und die Arterie arterielles Blut führen müsse, es gibt vielmehr zahlreiche Fälle, in welchen Arterien venöses und umgekehrt Venen arterielles Blut enthalten.

Es wurde schon im vorigen Kapitel der Auflösung in feinste Haarröhrchen (= Kapillaren) gedacht, welche die Blutgefässe im Bereich der Atmungsorgane erfahren. Diesem respiratorischen Kapillarnetz, in welchem das venöse Blut arteriell gemacht wird, stehen noch andere gleichgeartete Bildungen zur Seite, die sich ebenfalls in den Verlauf der Blutgefässe einschalten und dem Austausch gasförmiger Stoffe durch ihre äußerst zarten und dadurch für diese besonders leicht durchlässigen Wandungen dienstbar sind. Solcher Kapillarnetze gibt es begreiflicher Weise im Grunde so viele, als

Organe vorhanden sind; ihre Gesamtheit kann man wohl als Körperkapillarnetz dem respiratorischen gegenüberstellen.

Das Herz liegt entweder frei in der Leibeshöhle, dem Raume zwischen Darmwandung und Körperwandung, der meist mehr oder weniger vollkommen von einem Epitel ausgekleidet ist, oder in einem besonderen dünnwandigen Sacke, dem Herzbeutel (=Perikard).

Im vollkommensten Zustande (Wirbeltiere) ist das Blutgefäßsystem ein allseitig geschlossenes, d. h. das Blut zirkuliert nur in vorgebildeten Gefäßbahnen mit eigenen Wandungen (Fig. 29). In einfacheren Fällen hingegen finden wir bloß die Hauptgefässe entwickelt und diese lösen sich in ein Lakunensystem auf, welches der Leibeshöhle angehört und dem Blute zwar auch bestimmte Bahnen zuweist, dessen Teile aber nicht eigene Wandungen besitzen, also keine wahren Gefässe darstellen, sondern von den umgebenden Organen und Organteilen begrenzt werden. Es sind Lücken und Spalten, welche die letzteren zwischen sich lassen und die dem Blute als Gleitbahnen dienen. Ein solcher Blutkreislauf wird ein offener genannt.

Nicht bei allen Tieren ist ein selbständiges Blutgefäßsystem entwickelt. Die einfachsten Metazoën, die Schwämme und Nesseltiere, besitzen ja in ihrem charakteristischen Gastrovaskularsystem einen Apparat, der die Funktion der Zirkulation mit versieht. Bei anderen einfach gebauten Zellentieren ist die Leibeshöhle erfüllt von einer, reich mit Lymphzellen durchsetzten Flüssigkeit, welche die Nahrungsverteilung dadurch besorgt, daß sie zwar auch passiv im Körper umhergetrieben wird, wobei es aber die Leibesmuskulatur ist, welche durch ihre Kontraktilität beträchtliche, die Leibeshöhlenflüssigkeit in Zirkulation unterhaltende Bewegungen vermittelt.

d. Abscheidungsorgan.

Während die gasförmige Kohlensäure durch das Atmungsorgan und die unbrauchbaren festen Stoffwechselprodukte durch den Verdauungstraktus nach Außen entfernt werden, erfolgt die Abscheidung gewisser flüssiger stickstoffhaltiger Endprodukte des Stoffwechsels durch einen besonderen Apparat, das Abscheidungs- oder Harnorgan (Excretionsapparat). Derartige Bildungen stellen in der Regel paarige Kanäle dar, welche in der Ein- oder Mehrzahl auftreten und entweder durch eine selbständige Oeffnung auf der Körperoberfläche (Excretionsporus), oder in

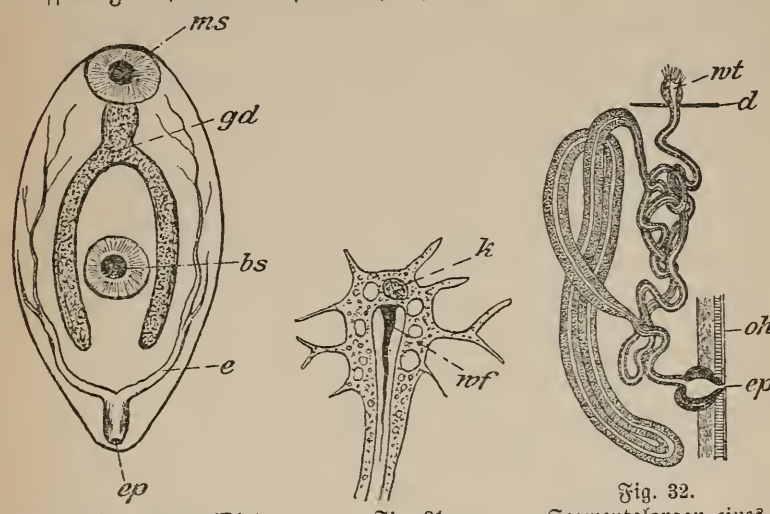


Fig. 30. Saugwurm (Distomum). bs Bauchsaugnapf, e Exkretionskanal, ep Exkretionsporus, gd Gabeldarm, ms Mundsaugnapf.

Fig. 31. Wimperflamme eines Saugwurms. k Kern, wf Wimperflamme.

Fig. 32. Segmentalorgan eines Ringelwurms. d Dissepiment, ep Exkretionsporus, oh Hautepitel, wt Wimpertrichter.

einer sog. Kloake gemeinsam mit dem After, oder endlich in mehr oder weniger enger Verbindung mit dem Geschlechtsapparat ausmünden. Dort, wo, wie bei den einfacher gebauten Würmern, keine Leibeshöhle entwickelt ist, besteht das Abscheidungsorgan (Fig. 30) aus einem Paar seitlich gelagerter, langer und

meist feinverästelter Kanäle, welche mit blinden Enden im Körper beginnen und sich nach kürzerem oder längerem Verlaufe in der Medianebene vereinigen, worauf oft eine blasenförmige Erweiterung folgt, deren Wandungen durch Einlagerung von Muskelzügen sogar kontraktil sein können (Harnblase). Ein kurzes Endstück verbindet die kontraktile Blase mit dem Excretionsporus. Von Interesse ist, daß die geschlossenen Enden der Excretionskanälchen von je einer größeren, mit Ausläufern versehenen Zelle gebildet werden, die in ihrem Inneren einen kanalartigen Hohlraum beherbergt, welcher sich unmittelbar in das Lumen des Excretionskanälchens fortsetzt und in welchen sich eine kräftige, lebhaft schlagende Geißel, die Wimperflamme ausbreitet (Fig. 31).

Dieses, Wassergefäßsystem genannte Abscheidungsorgan gestaltet sich bei den höher organisierten Würmern zu den Schleifenkanälen (= Segmentalorganen) (Fig. 32), die erstlich entsprechend der Körpergliederung dieser Tiere in gleichartige Stücke (= Segmente) in fast ebensovielen Paaren auftreten, als derartige Segmente vorhanden sind, und ferner an beiden Enden offen sind, so daß jeder einzelne Schleifenkanal neben seinem meist seitlich gelegenen Excretionsporus noch eine innere, im Körper gelegene Oeffnung aufweist. Der letztere Umstand hängt damit zusammen, daß die in Rede stehenden Tiere eine Leibeshöhle besitzen und überall da, wo eine solche, sei es auch nur in dürftigem Maße, entwickelt ist, der Excretionsapparat Beziehungen zu derselben zeigt. So öffnen sich die inneren Mündungen der Schleifenkanäle in die Leibeshöhle und stellen eine Kommunikation zwischen dieser und der Außenwelt her. Das Anfangsstück der Segmentalorgane im Körperinneren ist trichterförmig erweitert und mit in die Leibeshöhle gerichteten starken Wimpern bestanden (Flimmertrichter).

Auf die Segmentalorgane lassen sich, wenngleich sie einen sehr abweichenden Bau zeigen, die Excretionsorgane der höheren tierischen Organisationsstufen zurückführen. Die Schalendrüse der niederen, die Antennendrüse der höheren Krebse, die Harnorgane der Weichtiere, die unpaaren Excretionsorgane der Schnecken nicht ausgenommen, gehören hierher. Als fadendünne, aber ungemein lange Anhänge des Enddarms, bald in einem, bald in mehreren Paaren auftretend, stellen sich die nach ihrem Entdecker als Malpighische Gefässe bezeichneten Excretionskanäle der durch Tracheen atmenden Gliederfüßler dar. Im Bereich der Wirbeltiere treffen wir das Abscheidungsorgan in Form eines Paares kompakter Drüsen an — Nieren genannt, deren Ausführungskanäle, die Harnleiter sich vereinigen und meist nach Bildung einer Harnblase in verschiedener Weise, bald in Verbindung mit dem Enddarme (Kloake der Lurche und Vögel), bald gemeinschaftlich mit der Geschlechtsöffnung (Säugetiere) nach Außen münden.

Zu den charakteristischen Eigentümlichkeiten des Abscheidungssystems der Wirbeltiere gehört die enge Beziehung desselben zum Geschlechtsapparat, welche dahin geführt hat, bei diesen Tieren beide Organe als Urogenitalapparat zusammenzufassen. Indes treten auch bei den höheren Würmern die Segmentalorgane vielfach nebenher in den Dienst der Fortpflanzung, indem sie als Ausführungsgänge der Geschlechtsprodukte fungieren, und zeigen so ebenfalls nahe Beziehungen zwischen dem Abscheidungsorgan und dem Geschlechtsapparat.

B. Fortpflanzungssystem.

Neben der eben erörterten Fähigkeit der Ernährung, auf welcher nicht bloß die Selbsterhaltung, sondern auch das Wachstum der Tiere bis zu ihrer vollen Größe beruht, ist es das Vermögen, Ihresgleichen hervorzubringen, die Fort-

pflanzung, welche allen Organismen in charakteristischer Weise gemeinsam ist. Im Tierreich erscheint, wenn auch in einzelnen Fällen daneben noch andere Formen der Fortpflanzung bestehen, die Hervorbringung einer Nachkommenschaft ausnahmslos an die Existenz bestimmter Elemente — Keimzellen — geknüpft, die als Ei- und Samenzellen unterschieden werden. Wenn diese auch nicht selten von demselben Individuum (Zwitter) erzeugt werden, wie z. B. die Schnecken und niederen Würmer (Plattwürmer) lehren, so kann doch, zumal für die höheren Tiere, insbesondere die Wirbeltiere, als Regel gelten, daß Ei- und Samenproduktion auf zwei, meist auch verschieden gestaltete Individuen verteilt sind. Ein solches Verhalten bedingt eine Sonderung innerhalb der Individuen derselben Art in zwei Geschlechter, Männchen und Weibchen, je nachdem Samen- oder Eizellen zur Ausbildung gebracht werden. Derartige Tierformen bezeichnet man den Zwittern gegenüber als zwei- oder getrenntgeschlechtig.

Ei- und Samenzelle sind demnach nichts anderes als die Geschlechtsprodukte der Tiere, und daraus ergibt sich ohne Weiteres, daß die Organe der Fortpflanzung im Geschlechtsapparat gegeben sind, denn dieser ist es, welcher die Geschlechtszellen liefert.

Der Geschlechtsapparat der Tiere besteht in der Regel aus einem System von Teilen, von welchen die keimbereitenden Organe selbst naturgemäß die wichtigsten, für den Geschlechtscharakter ihrer Träger entscheidenden sind. Das männliche, Samenzellen erzeugende Keimorgan heißt Hode, das weibliche, welches die Eizellen liefert, Eierstock. Bei den Zwittern sind beiderlei Keimorgane in jedem Individuum ausgebildet, nicht immer aber als solche gesondert vorhanden, vielmehr nicht selten (Schnecken) zu einer einheitlichen Bil-

dung gestaltet, die als Zwitterdrüse bezeichnet wird und selbstredend Ei- und Samenzellen hervorbringt. Die Keimorgane setzen sich in kürzere oder längere Kanäle fort, die als Ei- oder Samenleiter, beziehungsweise als Zwittergang die Geschlechtszellen von ihrer Bildungsstätte nach Außen schaffen und zu diesem Zwecke mit einer Oeffnung (Geschlechtsöffnung) an der Körperoberfläche endigen, deren Lage sehr variabel ist. Meist finden sich an den ausleitenden Kanälen nach Bau und Funktion verschiedenartige Abschnitte vor oder es treten im Verlaufe jener mannigfache Anhangsorgane auf, je nachdem sich die Schicksale gestalten, welche die Geschlechtsprodukte, nachdem sie ihre Ursprungsstätte verlassen haben, erfahren. Hiezu kommen vielfach noch äußere, im Umkreise der Geschlechtsöffnung angebrachte Organe oder solche, die zwar im Innern des Körpers gelagert sind, aber durch die bezeichnete Oeffnung nach Außen vorgestreckt werden können, Teile, die in mannigfaltiger Form und Anordnung der Bethätigung der Geschlechtsfunktion dienstbar sind.

Gestalt und Lage der Keimorgane, Bau und Anordnung des Geschlechtsapparates überhaupt bieten im Tierreich die verschiedenartigsten Befunde dar. Nur in seltenen Fällen, wie bei den Schwämmen z. B., kommt es nicht zur Ausbildung distinkter und lokalisierter Keimorgane: die Geschlechtszellen entstehen zerstreut bald da, bald dort im Schwammkörper. Ein häufigeres Verhalten primitiver Art gibt sich dagegen darin kund, daß zwar auch die Bildung typischer Keimorgane unterbleibt, die Entstehung der Geschlechtszellen aber auf bestimmte Körperstellen lokalisiert erscheint (Hydra, viele Ringelwürmer). In vielen Fällen fehlen besondere ausleitende Kanäle, deren Stelle entweder die Leibeshöhle oder die Excretionsorgane (Segmentalorgane) funktionell vertreten können. Der innigen

Beziehung, in welche auf höheren Stufen der tierischen Organisation der Geschlechtsapparat zum Abscheidungsorgan tritt, wurde schon oben gedacht.

Wenn auch der Besitz männlicher oder weiblicher Keimorgane für die geschlechtliche Qualität des Trägers maßgebend ist, so erscheint damit doch in den meisten Fällen, zumal unter den höheren Tieren die geschlechtliche Differenz von Männchen und Weibchen nicht erschöpft. Abgesehen von oft auffälligen Verschiedenheiten der äußeren Anhangsorgane des Fortpflanzungssystem in beiden Geschlechtern, Verschiedenheiten, die doch immer noch dem Geschlechtsapparat als solchem angehören, erscheinen Eigentümlichkeiten wie z. B. bei den Vögeln die Pracht des Gefieders oder die Fähigkeit des Gesanges als Attribute einer bestimmten geschlechtlichen Differenzierung, in den angegebenen Fällen der männlichen. Solche Charaktere bezeichnet man im Gegensatze zu denjenigen, die im Geschlechtsapparat selbst gelegen sind, als sekundäre Geschlechtscharaktere. Nicht immer sind dieselben dauernde Merkmale, oft treten sie nur vorübergehend und zwar zur Zeit der Fortpflanzung auf, wie beispielsweise das sogen. Hochzeitskleid der Männchen vieler Fische und Amphibien bezeugt. In der Regel pflegen die Männchen vor den Weibchen durch Größe, kräftigeren Körperbau und mancherlei andere, ihre äußere Erscheinung hervorhebende Merkmale (Mähne des Löwen, Geweih des Hirsches u. s. w.) ausgezeichnet zu sein. Viel seltener ist das umgekehrte Verhalten zu beobachten; ganz allgemein sind nur bei gewissen Würmern (Rundwürmer) die Weibchen durch bedeutendere Körpergröße den Männchen überlegen.

Auf den einfacheren Stufen der tierischen Organisation leben die getrenntgeschlechtigen Tiere ohne festere Beziehungen

nebeneinander. Bei den höher stehenden Tierformen finden dagegen zum Behufe der Fortpflanzung bestimmte Verbindungen statt derart, daß je ein Männchen und je ein Weibchen in ein enges Verhältnis zu einander treten, sich paaren. Solche Paarungsverhältnisse sind entweder vorübergehender Art und werden nach Vollzug des Fortpflanzungsgeschäftes früher oder später wieder gelöst oder sie gestalten sich zu bleibenden und die betreffenden Tiere leben stets zu Paaren vereinigt. Mit diesem Verhalten hängen zunächst die mannigfaltigen Erscheinungen des Nestbaues und der Brutpflege zusammen, sowie die geselligen Vereinigungen von Tieren, die in Herden und Rudeln leben, in letzter Linie aber auch die Bildung der als Tierstaaten bezeichneten sozialen Verbände der Bienen, Wespen, Hummeln, Ameisen und Termiten.

C. Empfindungssystem.

Wir wissen bereits von den Gewebeeinheiten der Metazoën, den Zellen, daß sie reaktionsfähig sind, empfinden. Reizbarkeit, die Fähigkeit, auf äußere Einflüsse in bestimmter Weise zu reagieren, ist eine allgemeine Eigenschaft der lebendigen Substanz. Es kann daher nicht überraschen, wenn so einfach gebaute Zellentiere, wie die Schwämme, obgleich sie besonderer Empfindungsorgane entbehren, dennoch eine, wenn auch sehr geringe Sensibilität besitzen. Bei allen übrigen Metazoën kommt es zur Ausbildung typischer Empfindungsorgane, aber in sehr verschiedenem Umfange, wozu sich noch in Bezug auf den Grad der Differenzierung im Einzelnen eine große Mannigfaltigkeit gesellt. Stets bilden Nervenzellen (Ganglienzellen und Nervenfasern) die Grundlage im Aufbau des Empfindungssystems.

In den einfachsten Fällen (Hydra) erscheint das Empfin-

dungsleben der Tiere an zerstreut gelegene, untereinander allerdings im Zusammenhang stehende Nervenzellen geknüpft, die aber weder ein diskretes Organ darstellen, noch unter sich Differenzen erkennen lassen. Weiterhin gewinnt das Empfindungsorgan eine bestimmte Form und Anordnung, die nervösen Elemente rücken zusammen und gruppieren sich in Form eines Ringes, ein Verhalten, welches bei den Quallen und Stachelhäutern angetroffen wird. Die bedeutungsvollste Sonderung aber, die das Empfindungssystem erfährt, ist die Differenzierung desselben in Nervensystem und Sinnesorgane. Schon bei den ebengenannten Tieren begegnen wir Sinnesorganen, welche mit dem Nervenring, einem freilich primitiven Nervensystem in Zusammenhang stehen. Die Sinnesorgane haben die Aufgabe, die als Reize wirkenden Eindrücke der Außenwelt aufzunehmen, zu perzipieren; das Nervensystem nimmt die auf solche Weise erhaltenen Reize in Empfang und setzt sie in Empfindungen um, die in Bewegungen der mannigfachsten Art ihre Auslösung (= Reaktion) finden. Die Funktion der Sinnesorgane, dem Tiere Kenntnis von den Zuständen der umgebenden Außenwelt und von Vorgängen in derselben zu vermitteln, bedingt die oberflächliche Lage derselben am Körper, wo sie unmittelbar mit der Außenwelt in Berührung treten können. Das Nervensystem dagegen mit seinen gleich zu besprechenden Teilen rückt mehr und mehr in das Innere des Körpers. Entsprechend der Vielseitigkeit seiner Leistungen differenziert sich das Nervensystem in einen zentralen und zweierlei periphere Bestandteile. Ersterer wird als Gehirn bezeichnet, letztere faßt man mit dem Ausdrucke peripheres Nervensystem zusammen. Dieses Verhalten des Nervensystems ist, abgesehen von den Stachelhäutern, in den Grundzügen wenigstens das typische für alle Bilateralien.

Das Gehirn ist das Zentralorgan des Empfindungssystem, denn es ist, soweit wir urteilen können, der Sitz der höchsten und edelsten Fähigkeiten der Tiere, des Empfindens, Vorstellens, Denkens und Wollens und damit des Bewußtseins, denn die genannten Vermögen haben ein einheitliches, seiner selbst bewußtes Subjekt, das empfindet, vorstellt, denkt und will, zur unmittelbaren und notwendigen Voraussetzung. Mögen auch diese Fähigkeiten im Einzelnen und bei den verschiedenen Tieren den größten Verschiedenheiten unterliegen und nur bei den höchstentwickelten Tieren zu mehr oder weniger klar erkennbarer Entfaltung gelangen, darüber kann ein Zweifel nicht wohl bestehen, daß jene Differenzen nur, wenn auch sehr bedeutende, graduelle Unterschiede darstellen. Im Gehirn werden die von den Sinnesorganen erhaltenen Reize zunächst als Empfindungen von Lust und Unlust dem Tiere zum Bewußtsein gebracht. Mit diesen Vorgängen verbinden sich Vorstellungen, von welchen die Tiere Erinnerungsbilder zu bewahren vermögen (Gedächtnis), deren Wiederkehr auch die entsprechenden körperlichen Gefühlszustände wachruft: Die Tiere machen demnach Erfahrungen und vermögen auf Grund des Erfahrenen ihre Willensäußerungen — Bewegungen — zu bestimmen, also zu urteilen und zu schließen. Derartige Leistungen bedeuten aber verstandesmäßige Operationen und nötigen, den Tieren — wenigstens den höchsten Formen derselben — eine als Verstand zu bezeichnende Intelligenz zuzuerkennen.

Das periphere Nervensystem umfaßt die Leitungsbahnen, welche einerseits die Sinnesorgane, andererseits die Organe der Bewegung mit dem Zentralorgan in Verbindung setzen. Dieselben werden von Nervenfasern (Nerven) gebildet. Die von den Sinnesorganen zum Gehirn führenden Nerven werden, da sie Reize leiten, *sensible* Nerven genannt, die vom Gehirn

zu den Bewegungsorganen (Muskel) ziehenden dagegen heißen, da sie die Muskel zu Bewegungen veranlassen, motorische Nerven.

Das Gesagte läßt den einheitlichen Zusammenhang in der Wirkungsweise der den Empfindungsapparat zusammensetzenden Teile unschwer verstehen (Fig. 33): Die Sinnesorgane perzipieren die äußeren Reize, welche von den sensiblen Nerven dem Gehirn zugeführt werden. In diesem werden die erhaltenen Reize in Empfindungen umgesetzt, welche das Tier auf dem Wege einer mehr oder weniger komplizierten geistigen Arbeitsleistung zu Willensäußerungen veranlassen. Durch Vermittlung der motorischen Nerven werden die Letzteren vom Gehirn den Muskeln kundgegeben und diese lösen durch bestimmte Bewegungen jene Willensakte aus.

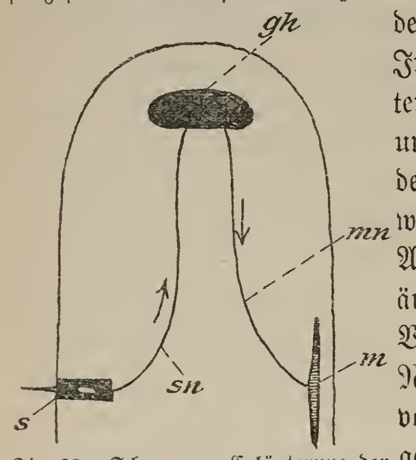


Fig. 33. Schema zur Erläuterung der Wirkungsweise des Empfindungsapparates. gh Gehirn, m Muskelzelle, mn motorischer Nerv, s Sinneszelle, sn Sinnesnerv.

Die feinen und feinsten Verzweigungen der Nerven ziehen indes nicht bloß zu den Bewegungsorganen, den Muskeln, sondern innervieren alle Organe des Körpers und halten dieselben gewissermaßen zur Ausübung der bezüglichen Funktionen an, unterhalten also die Thätigkeit der Organe oder geben von Störungen in derselben dem Zentralorgan Kenntnis und vermitteln so auch Zustände des Innenlebens dem Bewußtsein des Tieres. Die universelle Bedeutung des Nervensystems für den tierischen Organismus ergibt sich aus dem Dargelegten von selbst.

Betrachten wir nun Nervensystem und Sinnesorgane im Einzelnen:

a. **Nervensystem.**

Der Bau des Nervensystems läßt entsprechend der Architektonik des Tierkörpers zwei typische Gestaltungen unterscheiden, die radiäre und die bilateral-symmetrische.

Das radiäre Nervensystem erscheint durch einen aus Nervenfasern und Ganglienzellen bestehenden Nervenring charakterisiert (Quallen). Auch die Stachelhäuter, die im ausgebildeten Zustande einen strahligen Bau zeigen, besitzen dementsprechend ein radiäres Nervensystem. Der Nervenring ist hier pentagonal ausgezogen und entsendet fünf, radiär verlaufende Nervenstämme. Eine Sonderung des Nervensystems in zentrale und periphere Teile ist noch nicht ausgeprägt.

Die Bilateralform des Nervensystems ist dadurch bestimmt, daß das Zentralorgan in der Medianebene gelegen ist, und die peripheren Nerven demselben in bilateralsymmetrischer Anordnung, also in Paaren je ein Nerv rechts und links, entspringen. Damit ist auch ausgedrückt, daß die Scheidung des Nervensystems in zentrale und periphere Teile einen allgemeinen Charakter dieser Form des Nervensystems darstellt. Ueberall gehört das Zentralorgan (Gehirn) dem Vorderende des Tieres an; dort, wo ein distinkter Kopfabschnitt zur Ausbildung kommt, wird es stets in diesem angetroffen. Im einfachsten Falle (Plattwürmer) besteht das Zentralorgan aus einem über dem vordersten Darmteil (Schlund) angebrachten und meist mehr oder weniger verschmolzenen Ganglienpaar, das als Gehirnganglion oder nach seiner Lage auch als oberes (= dorsales) Schlundganglion bezeichnet wird. Es entsendet verschiedene Nervenpaare, von welchen eines besonders kräftig entwickelt ist und als Längsnervenpaar bis ans Hinterende des Körpers sich erstreckt.

Auf einer höheren Stufe der Ausbildung (Rundwürmer) tritt zu dem Gehirnganglion noch ein demselben entgegengesetzt, unter dem Schlunde, gelegenes und auch meist verschmolzenes Ganglienpaar (unteres oder ventrales Schlundganglion), welches mit dem ersteren durch eine ringförmige Nervenfaserbrücke (Kommissur) zusammenhängt, die den Schlund umgreift (Nervenschlundring). Bei den höheren Würmern und den Gliederfüßlern stellt sich eine weitere Komplikation ein, indem unter Ausfall der Längsnervenstämme sich an das untere Schlundganglion eine Kette von untereinander durch Kommissuren verbundener Ganglienpaare anschließt, die auf der Bauchseite in der Medianebene verlaufen und als Bauchmark zusammengefaßt werden. Entsprechend der Verschiedenheit der allgemeinen Körpergliederung erscheinen die einzelnen Ganglienpaare des Bauchmarkes gleich oder verschieden.

Eigenartig ist das Nervensystem der Weichtiere gebaut, da bei diesen Tieren das untere Schlundganglion in das Bewegungsorgan, den sogen. Fuß verlagert (daher Pedalganglion genannt) und dadurch vom Gehirnganglion weit abgerückt ist, eine Anordnung, die natürlich eine sehr weitläufige Schlundkommissur zur Folge hat. Dazu kommt noch ein meist der hinteren Körperregion angehöriges Ganglienpaar, das Eingeweideganglion, welches ebenfalls mit dem Gehirnganglion durch eine lange Kommissur in Verbindung steht.

Die höchste Stufe der Ausbildung erreicht das Nervensystem bei den Wirbeltieren. Das Zentralorgan liegt hier dorsal und gelangt zu mächtiger Entfaltung, indem sich das im Inneren mit Hohlräumen (Ventrikeln) versehene Gehirn nach hinten unmittelbar in ein dickwandiges Rohr fortsetzt, das Rückenmark genannt wird. Das Gehirn ist in die Schädelkapsel eingeschlossen und differenziert sich in eine Anzahl

von Abschnitten (Vorder-, Mittel-, Hinterhirn), deren Anordnung mit zunehmender Komplikation des Baues namentlich dadurch sich sehr verschieden gestaltet, daß sie sich in weitere Teile sondern und die Größenzunahme dieser Teile keine gleichmäßige ist. Das Rückenmark durchzieht den Rumpf und verläuft in einem von den Elementen der Wirbelsäule, den Wirbeln gebildeten Kanal (Wirbelkanal); es bietet einen einheitlichen Bau dar, an welchem eine Gliederung in Abschnitte nur durch die in regelmäßigen Abständen austretenden Nervenpaare (Rückenmarksnerven) angedeutet ist. Auch das Gehirn entsendet Nervenpaare (Gehirnnerven); während aber diese entweder als Empfindungs- (Sinnes-) oder als Bewegungsnerven funktionieren, vereinigen die Rückenmarksnerven den Charakter beider Nervenarten, indem sie mit doppelter Wurzel, einer (oberen) sensiblen und einer (unteren) motorischen dem Rückenmark entspringen. Es ist eine allgemeine Erscheinung, daß in dem Maße, in welchem sich die tierische Intelligenz steigert, die (relative) Größe des Gehirns gegenüber dem Rückenmark zunimmt.

Die Wirbeltiere, übrigens auch schon manche einfacher gebaute Tiere (Ringelwürmer, Gliederfüßler) besitzen neben dem vom Zentralorgan ausgehenden peripheren Nervensystem noch ein besonderes, aus Nervengeflechten und auch Ganglien bestehendes Eingeweide- oder *sympathisches* Nervensystem, welches, wenngleich es des Zusammenhanges mit dem Zentralorgan nicht entbehrt, doch eine große Selbständigkeit erlangt und in seiner Wirksamkeit vom Willen des Tieres unabhängig ist. Es dient der Innervierung der vegetativen Organe des Tierkörpers.

b. Sinnesorgane.

Die Sinnesorgane stehen in nächster Beziehung zum Nervensystem; denn sie stellen die Thore dar, durch welche

dieses und damit das Tier Kenntnis von seiner Umgebung und den Vorgängen in derselben erhält. Je vollkommener die Sinnesorgane zur Aufnahme der mannigfaltigen Reize der Außenwelt eingerichtet sind, desto umfangreicheres und besseres Material werden sie dem Zentralorgan zu geistiger Verarbeitung darbieten. Der Grad der tierischen Intelligenz wird demnach in hohem Maße von der Differenzierung der Sinnesorgane abhängen.

Die anatomische Grundlage der Sinnesorgane bilden überall die Sinneszellen, die entweder einzeln auftreten oder in Gruppen vereinigt oder in Gestalt von Epitelien angeordnet sind, stets aber in unmittelbarer Verbindung mit einem sensiblen Nerven (Sinnesnerv) stehen, welcher nicht selten vor seiner peripheren Endigung (im Sinnesorgan) ein Ganglion zu bilden pflegt. Ausnahmslos repräsentieren die die äußeren Reize perzipierenden Sinneszellen den für die Funktion wesentlichen Bestandteil der Sinnesorgane, mag sich im Uebrigen der Bau der letzteren durch Ausbildung von Nebenapparaten verschiedenster Art, die insgesamt als Schutz-, Stütz- oder Präzisionseinrichtungen der Vervollkommnung der eigentlichen Sinnesfunktion dienen, noch so sehr komplizieren.

Von fundamentaler Bedeutung für die Wirkungsweise der Sinnesorgane ist der spezifische Charakter derselben, der darin zum Ausdruck kommt, daß das einzelne Sinnesorgan nicht jederlei Reize der Außenwelt zu perzipieren imstande ist, sondern nur eine bestimmte Kategorie solcher. So vermag das Auge lediglich Lichtreize aufzunehmen und keine anderen, das Gehörorgan ebenso ausschließlich Schallreize. Eine Ausnahme von dieser Gesetzmäßigkeit bekunden die primitivsten Sinnesorgane, wie gewisse, der Oberhaut angehörige Sinneswerkzeuge niederer Tiere (Hautsinnesorgane), die

nicht nur als Tastorgane Druckwahrnehmungen, sondern auch Wärme und chemische Reize perzipieren, ja selbst eine gewisse Lichtempfindlichkeit zeigen können. Uebrigens bewahrt ganz allgemein im Tierreich die Oberhaut einen hohen Grad von Sensibilität, auch dort, wo spezifische Tastorgane zur Sonderung gelangen.

Man unterscheidet bei den höheren Tieren (insbesondere den Wirbeltieren) fünf Sinne und dementsprechend auch fünf verschiedene Sinnesapparate, die als Tastorgane, Geschmacksorgane, Geruchsorgane, Gehörorgane und Sehorgane oder Augen bezeichnet werden.

Den noch nicht spezialisierten Hautsinnesorganen am nächsten stehen die Tastorgane. Sie treten entweder in Form gröberer oder feinerer, mit einer oder mehreren Sinneszellen verbundener Anhänge (Haare, Borsten, Fäden u. s. w.) auf oder stellen Gruppen von Sinneszellen dar, die Tastkörperchen genannt werden und bestimmte Körperstellen auszeichnen.

In ihrer Verbreitung hauptsächlich auf die Wirbeltiere beschränkt erweisen sich die Geschmacksorgane, die als sog. Geschmacksknospen im Bereiche der Mundhöhle liegen, im Epitel vornehmlich der Zunge angetroffen werden und die chemische Beschaffenheit der Nahrung perzipieren.

Geruchsorgane finden sich schon bei einfacher gebauten Tieren (Quallen) in Gestalt kleiner, von wimpernden Sinneszellen ausgekleideter Grübchen. Die Form von Borsten oder Haaren, die mit Sinneszellen in Verbindung stehen, zeigen sie bei den Gliederfüßlern. Das Geruchsorgan der Wirbeltiere erscheint als Nase und gehört dem Vorderende des Kopfes (Gesichtsteil) an. Es besteht aus einem Paar gruben- oder sackförmiger Einsenkungen, welche von flimmernden Sinnesepitelien, der Riechschleimhaut, ausgekleidet sind. Die

Nasengruben sind nach Innen entweder blind geschlossen oder, was die Regel ist, mit Oeffnungen versehen, welche eine Kommunikation der Nasenhöhle mit der Mundhöhle herstellen. Das Geruchsorgan dient der Wahrnehmung gasförmiger Stoffe, insonderheit der Atemluft.

Die Perzeption von Schallreizen vermitteln die Gehörorgane. Auch diese finden sich schon bei den Quallen und stellen in der einfachsten Form Bläschen (Gehörbläschen) dar (Fig. 34) deren Wandung von Sinneszellen gebildet wird, welche an den freien, gegen das Lumen des Bläschens gerichteten Enden mit zarten Härchen besetzt sind. Das Innere der Bläschen ist von Flüssigkeit erfüllt, in welcher meist mehrere feste Körper, die Gehörsteine oder Otolithen eingelagert sind. In der Regel sind die Gehörbläschen allseitig geschlossen, seltener mit einer nach Außen durchbrechenden engeren oder weiteren Oeffnung versehen, welche dem umgebenden Medium den unmittelbaren Zutritt zu den wimpernden Sinneszellen ermöglicht. Die Wirkungsweise derartiger Organe beruht auf den durch die Schallwellen hervorgerufenen Erschütterungen der die Bläschen erfüllenden Flüssigkeit und der in diese eingebetteten Gehörsteine, Erschütterungen, welche auf die Hörzellen als Reize wirken, die als Schallempfindungen im Gehirn zum Bewußtsein gelangen.

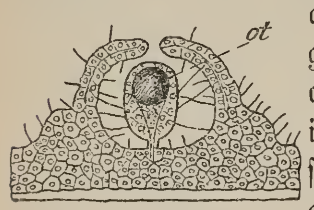


Fig. 34. Gehörorgan einer Trachymeduse. ot Otolith.

Weitaus komplizierter gestaltet sich, wenngleich die Wirkungsweise im Prinzip dieselbe bleibt, der Bau der Gehörorgane bei den Wirbeltieren, indem nicht nur Gestalt und Charakter des ursprünglichen Gehörbläschens durch weitgehende Differenzierung in verschiedene Abschnitte (Corti'sches Organ,

Bogengänge, Schnecke) wesentlich verändert werden, sondern auch mannigfaltige schalleitende (äußeres Ohr, Gehörgang, Eustachi'sche Röhre) und schallverstärkende (Trommelfell, Paukenhöhle, Gehörknöchelchen) Apparate hinzutreten.[1])

Stets sind die Gehörorgane der Wirbeltiere in einem Paar vorhanden und dem Kopfe angehörig.

Die edelsten, übrigens auch verbreitetsten spezialisierten Sinnesorgane sind die Sehapparate oder Augen. Auf den einfachsten Stufen der Ausbildung sind die Sehorgane von Gruppen von Sinneszellen aufgebaut, die von einer becherförmig gestalteten dunklen Pigmenthülle, welche die Lichtstrahlen nur von einer Seite her zu den perzipierenden Elementen gelangen läßt, umgeben sind. Derartige Organe sind wohl nur zur Unterscheidung von Hell und Dunkel befähigt.

Dort, wo es zu wirklichem Sehen kommt, also Bilder der Außenwelt erzeugt werden, ist der Bau des Auges natürlich viel komplizierter. Zunächst breiten sich die perzipierenden Sinneszellen in Form eines Epitels aus, das Netzhaut (Retina) genannt wird, und dem sich mannigfach gestaltete lichtbrechende Apparate vorlagern, welche nicht nur den einfachen Eintritt der Lichtstrahlen ins Auge vermitteln (Hornhaut oder Cornea), sondern auch die eintretenden durch Brechung auf der Retina sammeln (Linse, Glaskörper, Krystallkegel). Dazu gesellen sich Pigmentbildungen oder quergestellte, mit einer verengerungsfähigen Oeffnung (Pupille) versehene Vorhänge (Iris), die als Isolatoren der zu perzipierenden Strahlen wirken, indem sie nur bestimmten Strahlen den Zutritt ins Auge erlauben und so ein diffuses Einwirken des Lichtes verhindern.

Nach der Art der Wirksamkeit unterscheidet man zwei

[1]) Vergl. Sammlung Göschen Nr. 18. Der menschliche Körper. Fig. 25.

Typen von Sehorganen, die Camera-Augen (einfache Augen) (Fig. 35) und die Facettenaugen (zusammengesetzte Augen). Die ersteren funktionieren wie eine camera obscura, erzeugen demnach ein umgekehrtes Bild des leuchtenden Gegenstandes, jene dagegen erhalten die Lichteindrücke mosaikartig und verbinden dieselben zu einem aufrechten Bilde. Im letzteren Falle erscheint denn auch das Auge aus einer großen Zahl fächerförmig angeordneter und dicht aneinander gelagerter Sehelemente zusammengesetzt, die untereinander vollkommen gleichartig gebaut sind. Jedes einzelne Sehelement entspricht im Prinzip einem einfachen Auge; dadurch aber, daß im Facettenauge jedes dieser Elemente für sich in eine besondere Pigment-Röhre eingehüllt ist, vermögen nur die in der Achse der langgezogenen Sehelemente verlaufenden Strahlen (Achsenstrahlen) bis zu den perzipierenden Sinneszellen zu gelangen; alle anderen einfallenden Lichtwellen werden von den Pigmenthüllen absorbiert. Darauf beruht die mosaikartige Anordnung der durch die Facettenaugen aufgenommenen Lichteindrücke.

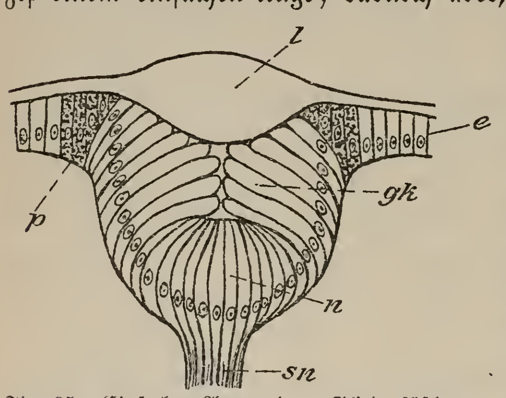


Fig. 35. Einfaches Auge eines Gliederfüßlers. e Hautepitel, gk Glaskörper, l Linse, n Netzhaut, p Pigment, sn Sehnerv.

Facettenaugen finden sich ausschließlich bei den Gliederfüßlern und zwar immer in einem Paar entweder allein (Krebse) oder mit mehreren einfachen, nach dem Camera-Typus gebauten Augen gemeinschaftlich. Camera-Augen besitzen bereits viele Ringelwürmer, ferner die Weichtiere und

in höchster Ausgestaltung, aber immer nur in einem Paare, die Wirbeltiere. Hinsichtlich der Einzelheiten im Bau und der Wirkungsweise dieser vollkommensten Sehorgane muß ich wieder auf die Darstellung des menschlichen Auges verweisen.[1])

Es entspricht den engen Beziehungen, die zwischen den Sinnesorganen und dem Nervensystem im Hinblick auf die einheitliche Leistung derselben notwendig bestehen müssen, daß die Sinnesorgane hauptsächlich in nächster Nähe des Zentralorgans angetroffen werden, demnach vornehmlich dem Vorderende, bezw. der Kopfregion des Tieres angehören.

Anhang: Instinkt.

Wir sahen, daß die Tiere bewußte Willensäußerungen kundgeben, die einer freilich ungemein mannigfach abgestuften Intelligenz entspringen. Neben diesen, vom Willen des Tieres abhängigen Handlungen zeigen indes unsere Geschöpfe in reichster und verschiedenartigster Entfaltung Handlungen, die zwar durchaus zweckmäßig, aber unwillkürlich vollzogen werden. Derartige für das Leben der Tiere ungemein nützliche Handlungen nennt man instinktive; sie bestimmen in hohem Maße die Gestaltung der Lebensweise und beruhen auf Trieben, die unbewußt wirken und als Instinkt zusammengefaßt werden. Triebhandlungen werden nicht erlernt, sie vollziehen sich automatisch. Der Instinkt ist ein angeborenes Vermögen der Tiere. Der junge Vogel baut sein Nest genau so, wie seine Eltern es thaten, ohne daß er vorher Erfahrungen im Nestbau zu sammeln brauchte; die Spinne verfertigt ihr kunstvolles Netz ebenso instinktiv.

Indes erfolgen die Triebhandlungen der Tiere keineswegs absolut willkürlich, vielmehr stellen sie ebenfalls Aus-

---

[1]) Sammlung Göschen Nr. 18. Der menschliche Körper. Fig. 20—24.

lösungsvorgänge äußerer oder innerer Reize, die allerdings oft nicht klar erkennbar sind, dar und zwar in der Weise, daß jede Triebhandlung mit einem bestimmten, sie bedingenden Reize verbunden ist. Dieser Umstand knüpft notwendiger Weise den Instinkt an den Besitz eines Empfindungssystems, da dieses allein imstande ist, Reize zu perzipieren und in Bewegungen umzusetzen.

Wenngleich die instinktiven Handlungen als unbewußte den bewußten Willensäußerungen scharf gegenüberstehen, besteht doch insofern kein principieller Gegensatz zwischen beiden, als ursprünglich willkürliche Handlungen durch Gewöhnung zu unbewußt, automatisch sich vollziehenden werden können.

D. Bewegungssystem.

Nächst dem Empfindungsvermögen ist es die Fähigkeit freier Beweglichkeit (= Lokomotion), welche das Tier vor der Pflanze auszeichnet. Dadurch erscheint das Tier in Stand gesetzt, entsprechend den Bedürfnissen des Nahrungserwerbes, des Schutzes und der Verteidigung wie auch des Angriffs Ortsveränderungen vorzunehmen. Die Organe, mittelst welcher die Tiere ihre Bewegungen ausführen, werden in erster Linie von den Muskeln gebildet, die denn auch fast nirgend vermißt werden. Die Muskeln funktionieren nicht aus eigenem Antriebe, sondern bedürfen hierzu anregender Reize. Diese werden durch die motorischen Nerven vermittelt, auch dort, wo es sich um Bewegungserscheinungen handelt, die vom Willen des Tieres unabhängig sind.

Auf den niederen Stufen der tierischen Organisation zeigen sich die Muskeln (Muskulatur) in nahen Beziehungen zur Oberhaut, der sie dicht angelagert sind; sie konstituieren einen sogen. Hautmuskelschlauch (Würmer), durch dessen

gesetzmäßig abwechselnde Contraktionen und Expansionen die Fortbewegung des Körpers bewirkt wird. Nicht selten macht sich eine Lokalisierung der Muskeln auf bestimmte Körperstellen geltend (Muskelring der Quallen), womit bereits der Ausgangspunkt zur Bildung besonderer Lokomotionsapparate gegeben ist, indem größere Muskelmassen zu einem selbstständigen einheitlichen Organ zusammentreten (Fuß der Weichtiere).

Die vollkommeneren Formen der Bewegung (laufen, schwimmen, fliegen) können aber erst dort zur Ausführung kommen, wo im Zusammenhange mit einer in der Gliederung des Körpers sich kundgebenden höheren Organisation auch der Bewegungsapparat in Muskelgruppen gesondert wird, die eine bestimmte Anordnung gewinnen und dadurch zu komplizierteren Leistungen befähigt werden. Von wesentlicher Bedeutung ist dabei die Entwicklung von Hartteilen, welche den einzelnen Muskeln und Muskelgruppen als feste Angriffs- und Stützpunkte dienen können. Derartige Hartteile bieten in den verschiedensten Formen und Verbindungsweisen die tierischen Skelette dar, die freilich auch ebensosehr als stützende Gerüste des Körpers wie als Schutzorgane für die Weichteile desselben zu fungieren vermögen. Die Muskeln treten mit den zu einem einheitlichen System angeordneten Skelettstücken in Verbindung und können nun durch ihre Kontraktionen Verschiebungen der letzteren gegen einander bewirken, die der Fortbewegung des Körpers zu gute kommen. Art und Anordnung des Skelett- und Muskelsystems treten dadurch in ein wechselseitiges Abhängigkeitsverhältnis, welches in der Verbindungsweise beider zum Ausdruck kommt. Diese wird sich naturgemäß bei den mit einem äußeren Chitinskelett ausgestatteten Gliederfüßlern anders gestalten müssen als im Bereiche der

Wirbeltiere, für welche ein aus Knorpel und Knochen gebildetes inneres Skelett charakteristisch ist.

In beiden Fällen lösen sich indes gewisse Muskelgruppen mit den ihnen zugehörigen Skeletteilen aus dem näheren Verbande mit dem übrigen Körper los und treten als freie Gliedmaßen in Form von Beinen, Flossen oder Flügeln in die nächste Beziehung zur Lokomotion. Solche Bildungen erscheinen als paarige seiten- oder bauchständige Anhänge des Rumpfes und sind in Abschnitte gegliedert, die gegen einander in gesetzmäßiger Weise beweglich sind. Bei den Wirbeltieren sind nie mehr als zwei freie Gliedmaßenpaare vorhanden, die als vordere und hintere unterschieden und durch Skelettgürtel (Schulter- und Beckengürtel) in loserem oder engerem Zusammenhange mit dem Achsenteil des Skeletts, der Wirbelsäule, erhalten werden.

Viele im Wasser lebende Tiere führen eine seßhafte (= sessile) Lebensweise und sind daher an die Scholle gebunden, auf der sie festsitzen (Schwämme, Korallen). Solche Tiere pflegen indes in der Regel wenigstens durch freilebende Jugendzustände ausgezeichnet zu sein; bei diesen wird aber die Lokomotion nicht von Muskeln vollzogen, sondern durch das Schlagen von Wimpern vermittelt, mit welchen die Zellen der Oberhaut bedeckt sind.

Eigenartig erweist sich der Bewegungsapparat der Stachelhäuter, indem derselbe aus einem wasserführenden System von Röhren besteht, welche mit schwellbaren Anhängen, den sogen. Ambulakralfüßchen besetzt sind, durch deren Wirksamkeit die Ortsveränderung herbeigeführt wird (Ambulakralsystem).

---

7. Organisation und Tod.

Unsere Darlegungen über den Bau der Tiere ergeben, daß der tierische Organismus aus mannigfaltigen Organen zusammengesetzt ist, die aus verschiedenartigen Geweben bestehen, welche ihrerseits wieder von Elementarteilen, den Zellen, ihren Ursprung nehmen. Mit der einfachen Zusammenlagerung verschiedener Organe ist aber noch keineswegs ein Organismus gegeben. Dazu bedarf es einer ganz bestimmten Beschaffenheit und Verbindungsweise dieser Organe, genau so, wie bei einer Maschine die Teile, aus welchen dieselbe zusammengesetzt ist, nicht regellos und willkürlich, sondern gemäß der Leistung, welche dieselbe vollziehen soll, also dem Zwecke entsprechend, welchem die Maschine zu dienen bestimmt ist, verbunden sein müssen. Der Bau einer Maschine erscheint daher zweckmäßig eingerichtet. Auch die Organismen erweisen sich zweckmäßig gebaut. Vergleichen wir die Lebensweise irgend eines Tieres mit seinem Bau, so werden wir immer finden, daß der letztere bis in die unscheinbarsten Einzelheiten für die erstere zweckmäßig eingerichtet ist. Während aber bei der Maschine der Zweck, dem sie dient, außerhalb derselben in der Absicht des Menschen liegt, der sie verfertigt, verhält sich der Organismus hierin gerade entgegengesetzt: ihm ist seine Leistung, das Leben, Selbstzweck. Die Bethätigungen des tierischen Organismus beweisen dies, denn sie zielen insgesamt auf die Befriedigung der jeweiligen äußeren und inneren Bedürfnisse desselben, wie sie das Leben an sich und in seinen vielfachen Wechselbeziehungen zur Außenwelt mit sich bringt, kurz auf die Erhaltung dieses Lebens. Diese Einheitlichkeit der Leistung bedingt aber eine ebensolche des Baues, die in der Art der Anordnung und Beschaffenheit der Organe zum

Ausdruck kommt und sich uns in der äußeren Erscheinung der Tiere als Individuen (Personen) kundgibt, die als solche einheitlich und zweckmäßig handeln. Die tierischen Individuen stellen demnach morphologische und physiologische Einheiten dar, ein Verhalten, welches bei den höheren Tieren in der Einheit des Bewußtseins, im Empfinden, Denken und Wollen mehr oder weniger klar zu Tage tritt. Deshalb sagt man nicht, die Flügel des Vogels fliegen und die Beine des Hasen laufen, sondern der Vogel fliegt und der Hase läuft.

So liegt also das Charakteristische des tierischen Organismus in der scharfen Individualisirung und der auf das eigene Dasein bezogenen Zweckmäßigkeit im Bau, der Anordnung und Funktion der Organe, die ihn bilden. Das ist es aber, was wir als Organisation bezeichnen, und deshalb wiederum nennen wir organisierte Naturkörper Organismen. Die Organisation vermittelt ebensowohl in der Mannigfaltigkeit der anatomischen Zustände die morphologische Einheit, indem sie die Tiere zu Individuen gestaltet, wie sie in dem bunten Wechsel der Lebenserscheinungen die physiologische Einheit, das individuelle Leben bewahrt.

Dadurch, daß die Tiere organisiert sind, treten die Teile, die sie aufbauen, naturgemäß in einen gesetzmäßigen Zusammenhang. Diese Gesetzmäßigkeit bedingt wechselseitige Beziehungen der Organe unter einander, sowohl nach ihrer Gestalt, Größe und Lage, wie auch hinsichtlich ihrer Funktionen, bedeutet also ein gegenseitiges Abhängigkeitsverhältnis, das als Korrelation der Organe bezeichnet wird. Darauf beruht ein gewisses Ebenmaß, in der Gestaltung und Anordnung der Körperteile, welches nicht gestattet, daß ein Organ auf Kosten eines anderen bevorzugt werde, und weiterhin

die Einhaltung bestimmter Wachstumsgrenzen, welche die Größe der verschiedenen Tierarten bedingen.

Als Organismen teilen die Tiere das Los alles Lebendigen: sie sind vergänglich, ihr Leben ist von beschränkter Dauer. Im Ablauf der Lebenserscheinungen erschöpft sich früher oder später der Organismus und endet im natürlichen Tod. Damit erreicht das Tier die unabänderliche Schranke seines Daseins, die Grenze seiner Lebensdauer. Aber nur die wenigsten Tiere gelangen zu diesem natürlichen Abschluß ihres Lebens; die meisten fallen schon früher den tausenderlei Gefahren, mit welchen äußere und innere Feinde sie beständig bedrohen, zum Opfer, sie sterben eines zufälligen und vorzeitigen Todes. Die Lebensdauer der Tiere wird selbstverständlich durch den natürlichen Tod bestimmt; sie ist bei den einzelnen Tierarten sehr verschieden und bewegt sich in außerordentlich weiten Grenzen: Dem Alter von hundert und mehr Jahren, welches manche Raubvögel nach Beobachtungen in Menagerien erreichen können, steht die kurze Spanne Zeit gegenüber, die dem Leben mancher Insekten gegönnt ist.

Trotz der Allgewalt des natürlichen Todes umgiebt sich das Leben mit einem Schein von Unsterblithkeit durch das Vermögen der Fortpflanzung: Die Fortpflanzung hebt das Einzelleben über die zeitlichen Schranken, die demselben durch den natürlichen Tod gesetzt sind, hinaus, indem sie es in der Nachkommenschaft von Neuem erstehen läßt. Damit betreten wir das Gebiet der Entwicklungsgeschichte, von welcher der folgende Abschnitt zu handeln hat.

II. Vom Bau der sich entwickelnden Tiere.

(Ontogenie.)

1. Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung.

Alle Tiere vermögen sich fortzupflanzen, d. h. sie sind in den Stand gesetzt, Nachkommen hervorzubringen, durch welche, da diese letzteren erfahrungsgemäß ihren Erzeugern gleichen, der Bestand der mannigfaltigen Tierarten gewährleistet wird. Die Fortpflanzung ist in der Regel an die fertig ausgebildeten Tiere gebunden, nur in Ausnahmsfällen sind auch Jugendzustände der Letzteren befähigt, eine Nachkommenschaft zu erzeugen.

Nach der Art der Fortpflanzung unterscheidet man die geschlechtliche von der ungeschlechtlichen Fortpflanzung. Die erstere kommt ausnahmslos allen Zellentieren zu, die letztere dagegen ist neben der geschlechtlichen nur innerhalb gewisser Tiergruppen und auch in diesen nicht allgemein verbreitet. Man kann sagen, daß die Fähigkeit zur ungeschlechtlichen Fortpflanzung im Allgemeinen auf die einfacher gebauten Metazoën beschränkt ist; den Gliederfüßlern, Weichtieren und Wirbeltieren fehlt sie vollkommen.

a. Ungeschlechtliche Fortpflanzung.

Das wesentliche Merkmal der ungeschlechtlichen Fortpflanzung liegt darin, daß die Bildung der kindlichen Individuen seitens des Muttertieres nicht von besonderen Fortpflanzungskörpern ausgeht, sondern entweder durch einfache Zerlegung des Muttertieres in zwei oder mehrere Stücke oder durch ein eigenartiges lokalisiertes Wachstum an demselben bewirkt wird. Die erstere Form wird Teilung, die letztere Knospung genannt.

Durch Teilung vermögen sich beispielsweise manche Würmer fortzupflanzen. Im einfachsten Falle (Fig. 36) zerlegt sich das Muttertier durch eine quere, ringförmige Einschnürung etwa in der Mitte der Körperlänge in zwei Stücke, die zwar ungefähr von gleicher Größe, aber von sehr verschiedener Organisation sind. Das vordere Stück besitzt die Mundöffnung, das Zentralorgan des Nervensystems, die wichtigsten Sinnesorgane, dem hinteren fehlen diese Teile. Daraus folgt, daß das hintere Stück, um ein lebensfähiges Individuum darzustellen, diese ihm mangelnden Teile hervorbringen muß. Stets

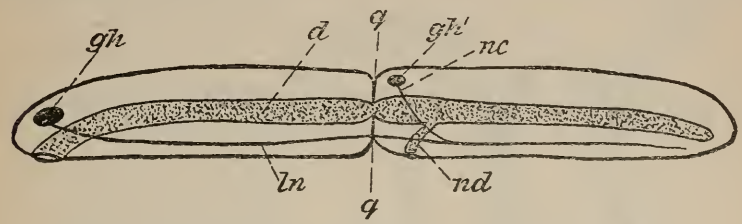


Fig. 36. Wurm in Teilung (schematisch). d Darm, gh Gehirn, ln Längsnerv, q q Teilungsebene; gh' neues Gehirn, nd neues Darmstück, nc neue Verbindung des gh' mit ln.

ist daher die Teilung mit der Produktion von Organen verknüpft, also von Bildungsvorgängen begleitet, welche natürlich nach Art und Umfang von den Organisationsverhältnissen des Muttertieres und der Zahl und Beschaffenheit der Stücke abhängig ist, in welche sich dieses zerlegt. Denn auch dies leuchtet ein, daß durch die Teilung die Individualität des Muttertieres verloren geht und an die Stelle derselben die zwei oder mehreren Individualitäten der neu entstandenen Teiltiere treten. Wir haben also bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Teilung den eigentlichen Zerlegungsvorgang von den damit verbundenen Bildungsvorgängen zu unterscheiden. Zeitlich können die Letzteren den Ersteren vorangehen oder nachfolgen, oder auch beide gleichzeitig vor sich gehen.

Für die Knospung liefern die Polypen zahlreiche Beispiele; auch unsere Hydra zeigt diese Erscheinung (Fig. 37). An einem Süßwasserpolypen, der sich zur Knospung anschickt, sehen wir an irgend einer Stelle seines sackförmigen Körpers eine kleine, buckel- oder knötchenförmige Vorragung, die im Innern hohl ist, nach Außen hervortreten; diese wächst rasch zu einem kleinen Sack aus, welcher an seinem freien Ende, sobald er eine gewisse Größe erreicht hat, eine Oeffnung erhält, in deren Umkreis alsbald die Tentakel hervorsprossen. Ist auf solche Weise die Knospe gebildet, so erfolgt früher oder später vermittelst einer an der Ursprungsstelle der Knospe eingreifenden Ringfurche die Abschnürung u. Loslösung des Knospentieres vom Muttertiere.

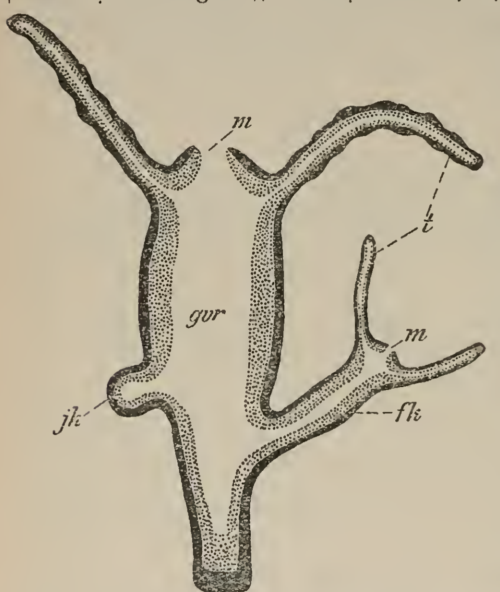


Fig. 37. Süßwasserpolyp in Knospung (schematisch) gvr Gastrovaskularraum, jk junge Knospe, fk ältere Knospe, m Mund, t Tentakel.

Demnach bedeutet die Knospung gegenüber der Teilung eine auf lokalem Wachstum beruhende Bildungsweise neuer Individuen, bei welcher die Individualität des Muttertieres unverändert erhalten bleibt, gleichviel ob nur eine oder mehrere Knospen und diese gleichzeitig oder successive entstehen, und bei welcher ferner jedes einzelne Knospentier in seiner Gänze eine Neubildung darstellt, während das Teiltier stets zu einem großen

Teile unmittelbar ein Stück des Muttertieres selbst repräsentiert. Sehr häufig führt die Knospung, weit seltener die Teilung dadurch, daß die Trennung der erzeugten Sprößlinge vom Muttertiere unterbleibt und dieses mit jenen in dauerndem Zusammenhange erhalten wird, zur Bildung von Tierverbänden oder Stöcken. Wir haben schon in einem früheren Kapitel dargelegt, daß diese durch eine verschiedenartige Differenzierung ihrer Individuen auf dem Wege der Arbeitsteilung in dimorphe und polymorphe Tierstöcke sich umwandeln können.

b. Geschlechtliche Fortpflanzung.

Die geschlechtliche Fortpflanzung ist an die Hervorbringung besonderer Fortpflanzungskörper gebunden, die meist in eigenen Organen, den Geschlechtsorganen, erzeugt und mit Rücksicht darauf, daß sie ihrem Bau nach Zellen darstellen, Keimzellen genannt werden. Sie sind zweifacher Art, Ei- und Samenzellen. Stets sind es die Eizellen (kurz = Eier), an welchen die Entwicklung des neuen Tieres vor sich geht, weshalb man dieselben auch als die tierischen Keime schlechtweg betrachten kann. Die Eizellen sind entweder aus sich allein imstande, einen neuen Organismus hervorzubringen (parthenogenetische Eier) oder bedürfen hierzu — und dies ist die Regel — der vorherigen Vereinigung mit einer Samenzelle. Die erstere Art der Fortpflanzung wird als eingeschlechtliche (=Parthenogenese) bezeichnet, die letztere heißt zweigeschlechtlich und steht mit der Unterscheidung von männlichen (Samenzellen) und weiblichen Geschlechtszellen (Eizellen) im Zusammenhang.

Daß der Bau der Keime dem der Zelle entspricht, wurde schon hervorgehoben. Meist sind die Eizellen von bedeutender Größe und mit einem ansehnlichen Kerne, der hier Keimbläschen

genannt wird, versehen. Oft zeigen sie sich auch von einer oder mehreren schützenden Hüllen umgeben, die sowohl nach ihrem Bau, wie hinsichtlich des Materials, aus dem sie bestehen, mannigfaltige Modifikationen darbieten können.

Das charakteristische Merkmal der Eizellen stellt ihr Gehalt an Dotter dar. Dieser ist eine eiweißartige fettige Substanz, welche in Form von Körnchen, Schollen oder Plättchen in den Protoplasmaleib der Eizelle eingelagert ist. Der Dotter nimmt keinen unmittelbaren Anteil am Aufbau des Embryos, sondern dient dem letzteren während der Entwicklung als Nahrungsmaterial. Masse und Anordnung des Dotters im Ei sind von großer Wichtigkeit. Während sich in ersterer Hinsicht alle Uebergänge von dotterarmen zu dotterreichen Eizellen vorfinden, stellt sich die Verteilung des Dotters im Protoplasma der Eizellen in zwei typischen Formen dar: Entweder ist dieselbe eine vollkommen gleichmäßige oder ungleichmäßig in der Weise, daß die Lagerung des Dotters auf gewisse Teile des Eiprotoplasmas beschränkt ist. Im letzteren Falle ist der Dotter entweder in einer Eihälfte angehäuft oder im Zentrum des Eies verteilt, und es enthält dann die andere Hälfte, beziehungsweise der periphere Teil der Eizelle, bloß Protoplasma. Wir werden sehen, daß diese Verhältnisse für die Art der Entwicklung von hervorragender Bedeutung sind.

k

m

g

Fig. 38. Samenzelle. g Geißel, k Köpfchen, m Mittelstück.

Weit weniger als die Eizelle läßt die Samenzelle (Fig. 38) ihren zelligen Charakter erkennen. In der Regel stellt die männliche Geschlechtszelle eine Geisselzelle dar, an welcher aber sowohl die Form, wie die Massenverhältnisse von

Protoplasma und Kern ganz ungewöhnlicher Art sind; am Besten vielleicht kann man sie mit einer Stecknadel vergleichen. Während der Geisselteil und das Mittelstück, welches sich nicht selten zwischen Kopf und Geissel einschiebt, aus Protoplasma bestehen, wird der Kopf von Kernplasma gebildet und repräsentiert somit den Kern der Samenzelle. Der geisselförmige Protoplasmaleib dient der lebhaften Beweglichkeit der Samenzellen. Im Gegensatz zu den Eizellen gehören die Samenzellen — in der Regel wenigstens — zu den kleinsten Elementen des tierischen Körpers.

Wie schon bemerkt wurde, bedürfen die meisten tierischen Eier, um entwicklungsfähig zu sein, der vorherigen Vereinigung mit einer Samenzelle. Dieser Vorgang, welcher als Befruchtung bezeichnet wird, vollzieht sich in der Weise, daß der Kern einer Samenzelle, das Köpfchen, in die Eizelle eindringt und in dieser mit dem Keimbläschen derselben zu einem neuen Kern, dem Furchungskern, verschmilzt. Das Eindringen des Kerns der Samenzelle, denn um diesen allein handelt es sich, geschieht entweder in Form einer einfachen Durchbohrung der zarten Eihaut oder, wo stärkere Hüllen das Ei umschließen, durch eine besondere Oeffnung in denselben. Das Wesen der Befruchtung beruht also auf der Vereinigung zweier Kernsubstanzen, der weiblichen des Eikerns und der männlichen des Samenkerns. Wie bei der indirekten Kernteilung spielt auch bei der Befruchtung die chromatische Substanz der Kerne die wichtigste Rolle und läßt sie hier wie dort als Träger der Vererbung erscheinen, durch welche die Eigenschaften der Erzeuger auf die Nachkommen überliefert werden. Das Letztere gilt natürlich auch von der chromatischen Substanz der parthenogenetisch sich entwickelnden, also der Befruchtung nicht bedürftigen Eizelle,

deren Kern selbst den Furchungskern darstellt, da er mit diesem identisch ist.

Vergegenwärtigen wir uns nun für einen Augenblick das physiologische Verhältnis von Ei- und Samenzelle, so erkennen wir, daß die erstere das passive, ruhende Element darstellt, welches von der Samenzelle auf dem Wege aktiver Wanderung aufgesucht werden muß, um befruchtet werden zu können. Die Samenzelle muß daher mit großer Beweglichkeit ausgestattet sein, damit sie ihre Aufgabe zu erfüllen vermag. Unter diesem Gesichtspunkte erscheint der eigenartige Bau der Samenzelle verständlich.

2. Die Embryonalentwicklung.

Das allmähliche Werden eines Tieres von seinem Keimzustande bis zum fertig ausgebildeten Individuum stellt die Embryonalentwicklung oder Ontogenie desselben dar.

Trotz mancherlei Verschiedenheiten im Einzelnen stimmen alle Zellentiere in den ersten Entwicklungsvorgängen in der Hauptsache überein. Ueberall wird das zur Entwicklung reif gewordene Ei einem mehr oder weniger lebhaften Teilungsprozeß unterworfen, welcher nach der äußeren Erscheinung der Furchenbildung an der Eioberfläche als F u r c h u n g bezeichnet wird. So entstehen auf dem Wege fortgesetzter indirekter Zellteilungen aus dem ursprünglichen Keim nacheinander 2, 4, 8, 16, 32 u. s. w. Zellen. Diese werden Furchungszellen (= Blastomeren) genannt und sind untereinander von gleicher Größe, sofern die Zellteilungen einfache Halbierungen darstellen, oder kleine und große, wenn die successiven Teilungen des Eies beträchtlich ungleiche Stücke liefern. Diese Verschiedenheit hängt mit der Masse und Lagerung des Dotters in der Eizelle zusammen und bedingt die Art des Furchungsprozesses. Eizellen, deren Dottermaterial gering und gleichmäßig

im Eiprotoplasma verteilt ist, werden in Zellen von gleicher oder annähernd gleicher Größe zerlegt, während dotterreiche in der Regel verschieden große Furchungszellen entstehen lassen, besonders dann, wenn der Dotter auf bestimmte Teile der Eizelle lokalisiert ist.

Das Ergebnis der Furchung ist ein Zellhaufen von bestimmter Beschaffenheit. Aber die Elemente desselben lassen durch einschichtige epiteliale Anordnung in Form einer Kugeloberfläche alsbald eine allseitig geschlossene Hohlblase hervorgehen, die als Keimblase oder Blastula bezeichnet wird (Fig. 39). Damit ist aber die Zellenproduktion nicht etwa abgeschlossen, sie geht vielmehr während der folgenden Entwicklung

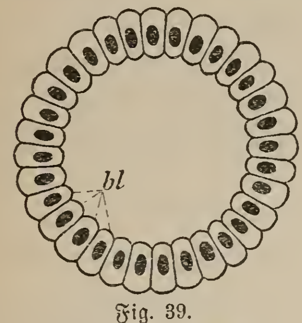


Fig. 39.
Blastula (Durchschnitt).
bl Blastomeren.

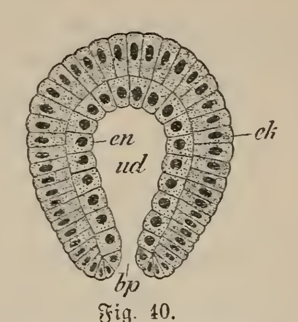


Fig. 40.
Gastrula (Durchschnitt). bp Blastoporus, ek Ektoderm, en Entoderm, ud Urdarm.

immer weiter und liefert fortgesetzt neues Zellenmaterial zum Aufbau des Embryos; aber vom Blastulastadium ab machen sich unter den Zellen Vorgänge geltend, welche in morphologischer und physiologischer Beziehung zu einer Sonderung innerhalb dieser Zellen führen und im Zusammenhange damit den so entstehenden verschiedenen Zellenschichten eine bestimmte Lagerung im Ganzen zuweisen.

Der wichtigste dieser Vorgänge ist die Gastrulation, durch welche die Blastula in die Gastrula übergeführt wird.

Diese (Fig. 40) stellt im einfachsten Falle ebenfalls eine Hohlblase dar, deren Wandung aber von zwei epitelialen Zellenlagen gebildet wird und an einer Stelle eine bald weitere, bald engere Oeffnung (= Blastoporus) trägt, durch welche der umschlossene Hohlraum (Urdarm) mit der Außenwelt in Verbindung steht. An der Stelle, wo sich die Oeffnung befindet, gehen die beiden Zellenschichten der Gastrulawand in einander über. Die beste Vorstellung von einer derartigen Gastrula bietet ein Gummiball, dessen eine Hälfte gegen die andere hin bis zur Berührung eingestülpt ist; sie vermittelt uns auch gleichzeitig die Entstehungsweise dieser Gastrula aus der Keimblase. Die Gastrulation durch Einstülpung ist nicht die einzige Form dieses Vorgangs, es gibt deren mehrere, wiederum je nach der Masse und ursprünglichen Anordnung des Dotters im Ei. Die beiden Zellenschichten, welche die Gastrulawand zusammensetzen, werden nach ihrer Lagebeziehung als äußeres (= Ektoderm) und inneres (= Entoderm) Keimblatt unterschieden; das erstere bildet die äußere Begrenzung der Gastrula, das letztere kleidet den inneren Hohlraum derselben aus. Aus den Elementen der beiden Keimblätter gehen alle Gewebe und Organe hervor, aus welchen sich die Tiere aufbauen, gleichviel ob ihre Organisation einfach oder kompliziert ist.

Die Gastrula ist ein allen Metazoën gemeinsames Embryonalstadium und deshalb von großer Wichtigkeit, zumal von da ab die individuelle Entwicklung der verschiedenen Tiere mehr oder weniger von einander abweichende Wege einschlägt. Trotzdem bedeutet überall die weitere Entwicklung dasselbe, einen fortschreitenden Differenzierungsprozeß, durch welchen der Embryo mehr und mehr dem speziellen Bau seines Erzeugers genähert wird. Dies

ist natürlich nur dadurch möglich, daß die Zellen der Keimblätter ihren indifferenten embryonalen Charakter aufgeben, sich zu Geweben und Organen umgestalten, und daß diese wieder in gesetzmäßiger Weise sich anordnend und mit einander in Verbindung setzend ein einheitliches Ganzes formen, kurz: An Stelle der ursprünglichen Indifferenz tritt eine individualisierte Organisation.

An diesen Vorgängen sind die Keimblätter in bestimmter Weise beteiligt: Abgesehen von Organen, die von beiden Keimblättern gebildet werden, liefert im Allgemeinen das Ektoderm das Nervensystem, die Sinnesorgane, sowie die Oberhaut mit ihren Anhängen (Haare, Borsten, Federn u. dgl.), das innere Keimblatt aber läßt den Verdauungsapparat mit seinen Adnexen aus sich hervorgehen. Hierdurch erhält die Unterscheidung von Ektoderm und Entoderm eine über die namengebende Lagebeziehung hinausreichende Bedeutung.

3. Direkte Entwicklung und Metamorphose.

Die Ontogenie der Tiere bietet zwei wesentlich verschiedene Formen ihres Ablaufs dar. Von den Vögeln z. B. wissen wir, daß ihre Jungen bei aller Unvollkommenheit sich von dem Augenblicke an, wo sie dem Ei entschlüpfen, nach Bau und Lebenshaltung als unzweifelhafte Vögel ausweisen. Sie machen zwar noch eine kurze Wachstumsperiode durch; diese bedeutet aber lediglich eine Größenzunahme bereits vorhandener und nicht die Bildung neuer Teile. Vergleichen wir damit die Entwicklung des Froscheies, so bemerken wir, daß aus diesem ein Wesen hervorgeht, dessen Lebensweise und Bau von denjenigen der Erzeuger verschieden sind. Diese sind — um nur das Zunächstliegende hervorzuheben — durch Lungen atmende, mit zwei Beinpaaren ausgestaitete Tiere,

welche das feste Land bewohnen; jenes dagegen lebt im Wasser, atmet durch Kiemen und besitzt keine Extremitäten, aber einen kräftigen, seitlich abgeplatteten Ruderschwanz. Erst nach mannigfachen, verwickelten Umwandlungen, welche Neubildungen und Rückbildungen umfassen, geht aus einer solchen Jugendform ein Frosch hervor.

Diese Entwicklungsweise repräsentiert die indirekte Entwicklung oder die Entwicklung mittelst Verwandlung (= Metamorphose). Die gegenüber dem fertig ausgebildeten Tiere anders geartete Jugendform desselben wird hierbei als Larve bezeichnet, die Kaulquappe ist demnach die Larve des Frosches. Der Entwicklung mittelst Metamorphose steht die Embryonalentwicklung, für welche uns das Vogelei als Beispiel diente, als direkte Entwicklung gegenüber.

Die Entwicklung mittelst Metamorphose ist eine unter den Tieren sehr weit verbreitete Erscheinung und bietet sehr verschiedenartige Befunde dar. Sie beruht darauf, daß ein Tier nicht erst im fertigen Zustande, sondern schon auf einer früheren Stufe seiner Entwicklung als selbständiges Individuum ins Leben tritt und zu diesem, insoweit es zur Erhaltung als Individuum nötig ist, befähigt ist, in erster Linie also das Vermögen selbständigen Nahrungserwerbes besitzt. Man kennt sehr frühe Embryonalstadien als Larven z. B. die Gastrula, ja selbst die Blastula. Es leuchtet ohne Weiteres ein, daß die Verschiedenheit der Larve vom fertigen Tier um so größer sein muß, je früher der Embryo für ein selbständiges Leben als Larve tauglich erscheint.

Hier können wir einen weiteren bedeutsamen Zusammenhang zwischen dem Bau des Eies hinsichtlich seines Dottergehaltes und der Art der Entwicklung desselben konstatieren.

Eizellen, welche eine direkte Entwicklung durchmachen, sind, wie besonders wieder das Vogelei bezeugt, ungemein dotterreich, diejenigen hinwiederum, aus welchen Larven hervorgehen, mehr oder weniger dotterarm. Im ersteren Falle muß das Ei von Anfang an genügendes Nährmaterial für die ganze Entwicklung enthalten, im anderen bedarf es eines solchen nur für einen Bruchteil derselben, nämlich bis zur Larve, da diese selbständig Nahrung zu erwerben vermag. Eine freilich nur scheinbare Ausnahme von diesem Verhalten machen die Eier mancher Tiere, die, obgleich sie eine direkte Entwicklung zeigen, doch auffallend dotterarm sind. Dies erklärt aber der Umstand, daß sich bei solchen Tieren wie den Säugetieren der Embryo im organischen Zusammenhang mit dem Muttertier in diesem selbst entwickelt und dadurch unmittelbar vom Muttertier ernährt wird, also eines Nahrungsdotters nicht bedarf.

Die Metamorphose selbst besteht, wie schon bemerkt wurde, sowohl in Neubildungen wie in Rückbildungen. Diese sind natürlich um so komplizierter, je früher der Embryo zur Larve wird, denn je früher dies geschieht, desto größer sind die Unterschiede im Bau zwischen Larve und fertigem Tier, und desto umfangreicher müssen die Umwandlungen sein, deren es bedarf, um die Erstere in die Letztere überzuführen. Kehren wir zu unserem Beispiel, der Froschentwicklung, zurück, so ist klar, daß die Froschlarve die Kiemen und den Ruderschwanz zurückbilden und an deren Stelle Lungen und zwei Extremitätenpaare zur Ausbildung bringen muß, damit der fertige Frosch entstehe. Das sind aber nur die nächstliegenden Umwandlungen; Hand in Hand mit diesen geht selbstredend noch eine Reihe nicht weniger bedeutungsvoller Prozesse in der Larve vor sich. Immer vollzieht sich die Meta-

morphose allmählich, niemals plötzlich; auch der Schmetterling, der aus der Puppenhülle hervorschlüpft, macht, wenngleich es der oberflächlichen Betrachtung anders erscheint, davon keine Ausnahme.

Es ist leicht zu verstehen, daß das Maß derjenigen Larventeile, welche aus der Larve unverändert in das fertige Tier übergehen, verschieden sein kann; thatsächlich bewegt es sich in Extremen, die freilich durch viele Uebergänge verbunden sind. Bei gewissen Tieren, wie z. B. den Stachelhäutern, überwiegen die Teile, welche der Larve allein eigentümlich sind und in der Metamorphose zurückgebildet werden oder verloren gehen, so sehr über diejenigen, welche in das fertig ausgebildete Tier hinübergenommen werden, daß man die Metamorphose dieser Tiere lange Zeit für eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Knospung hielt, zumal das äußere Bild der Verwandlung einer solchen Auffassung zu Hilfe kam. In anderen Fällen wiederum, besonders bei sehr niederen Tieren, geht der größte Teil der Larve in das fertige Tier über, und die Metamorphose reduziert sich auf die einfache Unterdrückung der geringfügigen, nur der Larve als solcher zukommenden Bildungen.

Derartige spezifische Teile einer Larve, welche nicht nur dem ausgebildeten Tier fehlen, sondern auch der Larve nur zur freien Lebensführung dienen, wollen wir spezifische Larvenorgane nennen. Daß jede Larve solche larvale Organe besitzen muß, bringt begreiflicher Weise eben der Umstand mit sich, daß die Fähigkeit zum freien individuellen Leben an bestimmte Bildungen geknüpft ist, deren der Embryo nicht bedarf, ohne welche aber die Larve nicht bestehen könnte. In unserem Beispiel der Froschentwicklung besitzt die Larve beispielsweise in der Ausstattung mit einem kehlständigen Saug-

napf und einem Hornschnabel derartige, dem freien Larvenleben dienende spezifische Organe.

Die tierischen Larven bieten eine große Mannigfaltigkeit ihres Baues dar, sind aber vielfach von einer so konstanten Ausbildung, daß sie für größere oder kleinere Tiergruppen durchaus charakteristisch sind. Als Beispiele können dienen die Larven der Stachelhäuter, die bei mancher Verschiedenheit im Einzelnen doch bei allen Klassen dieses Tierstammes nach demselben Typus gebaut sind, und vor allem die Larve der Krebse, welche Nauplius genannt wird. Freilich entwickeln sich nicht alle Angehörigen einer solchen Tiergruppe mittelst Metamorphose, es ist aber eine sehr bemerkenswerte Thatsache, daß auch bei den Arten mit direkter Entwicklung die Charaktere der Larve, soweit sie nicht spezifischer Natur sind, in unverkennbarer Weise als vorübergehende Embryonalstadien zur Ausbildung gelangen.

Die Entwicklungsgeschichte der Tiere lehrt uns aber noch eine weitere, universellere Thatsache von höchster Wichtigkeit kennen, nämlich die auffällige Uebereinstimmung des Baues fertig ausgebildeter Tiere mit demjenigen embryonaler Zustände bei anderen Tieren. Die Froschlarve z. B. mit ihrem platten Ruderschwanz und ihrer Kiemenatmung bekundet in den wesentlichen Merkmalen den gleichen Bau, welchen die Fische als fertige Tiere zeigen. Was dort eine vorübergehende Ausbildung darstellt, ist hier eine dauernde und definitive. Die Gastrula als Larve wie als Embryonalform weist eine weitgehende Uebereinstimmung des Baues mit dem einer Tiergruppe auf, zu welcher unser Süßwasserpolyp gerechnet wird. In anderen Fällen bezieht sich die Uebereinstimmung nicht auf den ganzen Bau, sondern nur auf gewisse Teile desselben. So ist es eine merkwürdige

Thatsache, daß in der Embryonalentwicklung der höheren Wirbeltiere, z. B. der Vögel, ein Stadium vorkommt, in welchem der Embryo mit deutlichen Kiemenspalten ausgestattet ist und eine diesen Organen entsprechende Ausbildung des Kreislaufssystems aufweist, die in den Grundzügen den betreffenden Verhältnissen bei den Fischen im ausgebildeten Zustande nahekommen.

4. Zusammengesetzte Entwicklungsweisen. (Generationswechsel.)

Bisher sahen wir aus den Eizellen entweder direkt oder auf dem Umwege der Metamorphose Nachkommen hervorgehen, welche nach Bau und Lebensweise mit ihren Erzeugern übereinstimmen. Es gibt nun nicht wenige Tiere, aus deren befruchteten Keimen Wesen sich entwickeln, welche zwar nach Art von Larven von ihren Erzeugern sehr verschieden sind, dies aber zeitlebens bleiben. Diese bringen als erste Generation auf ungeschlechtlichem Wege durch Knospung eine zweite Generation hervor, deren Individuen erst wieder denjenigen Geschöpfen gleichen, welche die erste Generation ins Leben gesetzt hatten, demnach auch zur geschlechtlichen Fortpflanzung befähigt erscheinen. In solchen Fällen kommt also die Entwicklung einer Tierart nicht an einem Individuum zum Ablauf, sondern verteilt sich auf zwei, die nach einander aus einander hervorgehen, verschieden gestaltet sind, und von welchen das eine auf geschlechtlichem, das andere auf ungeschlechtlichem Wege sich fortpflanzt.

Eine derartige Entwicklungsweise ist gegenüber derjenigen, welche sich an einem Individuum vollzieht, eine zusammengesetzte. Der gesetzmäßige Wechsel zweier verschiedener Generationen in der Entwicklung eines

Tieres heißt Generationswechsel. Die verbreitetste Form des Generationswechsels betrifft Verhältnisse, wie sie unserer Darstellung zu Grunde gelegt wurden. In selteneren Fällen handelt es sich um eine Modifikation des Generationswechsels, die dadurch charakterisiert ist, daß bei den in regelmäßiger Folge alternierenden verschiedenen Generationen immer geschlechtliche Fortpflanzung vorliegt, diese aber einmal eingeschlechtlich auf dem Wege der Parthenogenese, das andere Mal zweigeschlechtlich durch befruchtungsbedürftige Keime erfolgt. Diese besondere Form des Generationswechsels, welche z. B. bei gewissen weitverbreiteten kleinen Krebsen unserer süßen Wässer, den Wasserflöhen, vorkommt, wird als Heterogonie bezeichnet.

Die besten und zahlreichsten Beispiele des typischen Generationswechsels liefern die Nesseltiere, welche die Polypen und Quallen (Medusen) umfassen. Bei vielen Formen dieser Tiergruppe, der mit Ausnahme des Süßwasserpolypen fast nur Meeresbewohner angehören, finden wir Polyp und Meduse in der Entwicklung eines Nesseltieres durch Generationswechsel miteinander verbunden, indem die Individuen der einen Generation Polypen, die der anderen Medusen darstellen. Aus der befruchteten Eizelle der Meduse entwickelt sich ein Polyp (ungeschlechtliche Generation), welcher durch Knospung wieder die ursprüngliche Meduse (Geschlechtsgeneration) erzeugt. Hierbei tritt die Verschiedenheit beider Generationen sehr deutlich hervor, da sich Polyp und Meduse in Form, Bau und Lebensweise wesentlich von einander unterscheiden. Der Polyp ist ein festsitzendes, sackförmiges, einfach gebautes Tier wie die Hydra; die Meduse hingegen präsentiert sich als ein freischwimmendes, scheiben- oder glockenförmiges Geschöpf, welches mit Bewegungs- und Sinnesorganen reichlich ausgestattet ist

und somit eine weit höhere Organisationsstufe als der Polyp darbietet.

Das äußere Bild des Generationswechsels erleidet gerade bei den Nesseltieren vielfach eine Komplikation, indem der aus der Eizelle hervorgegangene Polyp auf dem Wege der Knospung nur selten die Geschlechtsform des Tieres, die Meduse, allein erzeugt, vielmehr durch dieselbe Art der ungeschlechtlichen Fortpflanzung auch mehrere oder viele Polypen ins Leben zu setzen vermag, wobei dadurch, daß die Ablösung der Knospentiere vom Muttertier unterbleibt, wieder die Bildung von Stöcken vermittelt wird.

Des Weiteren kann sich der Generationswechsel, insbesondere die Heterogonie genannte Form desselben, dadurch komplizieren, daß die Entwicklung einer Tierform nicht bloß auf zwei verschiedene Generationen ausgedehnt erscheint, sondern drei oder gar, freilich nur vereinzelt, mehrere solche umfaßt, ehe die vollkommene, zweigeschlechtlich sich fortpflanzende Generation wieder zum Vorschein kommt. Dies ist bei gewissen Saugwürmern der Fall. Aus dem befruchteten Ei des Geschlechtstieres entsteht eine Nachkommenschaft sehr wenig differenzierter Individuen (1. Generation), deren jedes auf parthenogenetischem Wege eine weitere Brut höher organisierter Geschöpfe erzeugt (2. Generation), welche wieder eingeschlechtlich die Geschlechtstiere (3. Generation) hervorgehen läßt. Dadurch, daß die einzelnen Generationen im Bau, in der äußeren Gestalt, sowie in ihrer Lebensweise mehr oder weniger verschieden sind und die Entwicklung der Geschlechtstiere aus der zweiten Generation noch dazu oft mittelst einer Metamorphose erfolgt, gestaltet sich der Ablauf einer solchen zusammengesetzten Entwicklungsweise zu einem ungemein verwickelten Prozeß.

Wie aus unserer Darstellung hervorgeht, repräsentieren

die Geschlechtstiere im Entwicklungscyclus des Generationswechsels stets die höchstorganisierte, vollkommene Generation, der gegenüber die ungeschlechtlich oder parthenogenetisch sich fortpflanzenden Generationen einfacher gebaute Individuen umfassen.

5. Ursachen und Bedingungen der Ontogenie.

Die Entwicklung der Zellentiere, deren hauptsächlichste Erscheinungen wir in den vorausgegangenen Kapiteln kennen gelernt haben, stellt allgemein eine ununterbrochene Folge von Gestaltungsvorgängen dar, welche das Tier von der einfachsten Form, dem Keimzustande als Eizelle in den mehr oder weniger komplizierten, stets aber bestimmt organisierten fertigen Zustand als fortpflanzungsfähiges Individuum allmählich hinüberführt. In diesem Flusse aufeinanderfolgender Embryonalzustände ist naturgemäß jede einzelne Phase die Wirkung der derselben vorangegangenen und selbst die Ursache der ihr folgenden. Ferner wird, da der Endpunkt der Entwicklung, das fertige Tier, hinsichtlich seiner Organisation genau fixiert erscheint, die Entwicklung der einzelnen Tierformen sich von Anfang an in einer bestimmten Richtung bewegen, die Entwicklung des Frosches z. B. von vornherein auf die Hervorbringung eines Frosches und keines anderen Tieres eingerichtet sein müssen. Da nun der Ausgangspunkt aller Entwicklung im Tierreich an die Eizellen geknüpft ist, so gelangen wir zu dem Schlusse, daß nicht nur die Ursachen der Entwicklung überhaupt, sondern auch diejenigen, welche bewirken, daß die Entwicklung in jedem einzelnen Falle so und nicht anders vor sich geht, im Ei (bezw. im befruchteten Ei) gegeben sein müssen; sahen wir doch, wie das Ei je nach der Art der Entwicklung, die es zu durchlaufen hat, in verschiedener Weise mit Nahrungsmaterial ausgestattet, also für diese

Entwicklung im Voraus eingerichtet ist. So wird die Uebertragung der Organisation des Erzeugers auf den Nachkommen gewährleistet, also das bewirkt, was wir Vererbung nennen und was uns die volle Sicherheit gibt, daß aus einem Taubenei immer nur eine Taube und nicht ein anderer Vogel oder sonst ein Tier hervorgehen wird.

Ist also mit dem zur Entwicklung reifen Ei eine bestimmt gerichtete Entwicklung und damit auch das Produkt derselben, das fertige Tierindividuum, fixiert, so gehört zum richtigen (= normalen) Ablauf dieser Entwicklung noch ein Zweites, nämlich gewisse äußere Verhältnisse. Wir können dieselben gegenüber den im Ei gelegenen Ursachen der Entwicklung als Bedingungen, und zwar als normale Bedingungen derselben bezeichnen. Auch das Ei, bezw. der aus ihm sich entwickelnde Embryo, ist, wie wir dies vom fertigen Tier erfahren haben, eine plastische Bildung, die auf äußere Reize zu reagieren vermag. Abänderung der normalen Bedingungen bewirkt daher auch eine Abänderung der Entwicklungsweise und diese wieder eine abweichende Gestaltung des Embryo. Sind derartige Abänderungen der normalen Bedingungen keine tiefgreifenden und dauernden, so führen sie zu reparierbaren und daher vorübergehenden Defekten, andernfalls aber zu bleibenden Abnormitäten der Entwicklungsprodukte oder heben die Entwicklung selbst und damit das Leben des Embryo vollkommen auf.

Normale Bedingungen sind also zum Vollzuge der im Ei vorbereiteten Entwicklung notwendig; sie ermöglichen dieselbe, haben aber — und darin liegt das unterscheidende Merkmal von den Ursachen der Entwicklung — fast niemals einen bestimmenden Einfluß auf den Gang der Entwicklung und können daher auch auf die Gestaltung des neuen Individuums

keine Einwirkung ausüben. In den wenigen Fällen, wo ein solcher Einfluß dennoch zu Tage tritt, handelt es sich um polymorphe Tierformen, bei welchen, wie dies beispielsweise bei den staatenbildenden Insekten, den Ameisen, Bienen und Termiten, verwirklicht ist, nicht bloß Männchen und Weibchen (Königinnen), sondern auch fortpflanzungsunfähige Individuen (Arbeiterinnen) vorkommen. Bei diesen Tieren entscheidet schwächere oder stärkere Ernährung während des Larvenlebens, ob aus dem Embryo eine der fortpflanzungsfähigen oder die sterile Form hervorgeht. Es leuchtet indes ein, daß dieser bestimmende Einfluß einer äußeren Bedingung nur dadurch ermöglicht sein kann, daß die Entwicklung dieser Tiere vom Keime her so eingerichtet ist, daß sie je nach der Art der Ernährung in einer bestimmten Periode derselben, eben dem Larvenleben, die Ausbildung der geschlechtlich differenzierten oder der unfruchtbaren Form zuläßt, mithin ein Verhalten darstellt, dessen Ursachen doch wieder im Keim dieser Tiere gelegen sein müssen.

Die normalen Bedingungen der Entwicklung sind entweder allgemeine oder spezielle. Die ersteren beziehen sich auf Licht, Luft, Temperatur, Beschaffenheit des Mediums, in welchem die Entwicklung erfolgt u. s. w., kurz die allgemeinen Existenzbedingungen, welche für das Gedeihen alles Lebendigen unerläßlich sind. Die speziellen Bedingungen betreffen die besonderen Erfordernisse der einzelnen Entwicklungsweisen und sind, wie diese, den mannigfaltigsten Modifikationen unterworfen. Die in das Fleisch eines Schweines eingekapselte jugendliche Trichine bedarf, um sich zum geschlechtsreifen Tier ausbilden zu können, der selbstredend nur passiv durch Verfütterung zu bewerkstelligenden Uebertragung in den Darmkanal des Menschen. Diese Uebertragung ist eine spe-

zielle Bedingung der Trichinenentwicklung. Für eine Entwicklung, welche im organischen Zusammenhang mit dem Muttertiere erfolgt (Säugetiere), werden andere spezielle Bedingungen notwendig sein als für diejenige, welche innerhalb der schützenden und reiches Nahrungsmaterial beherbergenden Eihüllen vollzogen wird (Vögel), und wieder andere Bedingungen werden der Entwicklung mittelst Larven zu Grunde liegen.

Zwei Faktoren beherrschen demnach die tierische Entwicklung: Die inneren Ursachen des Eies, welche die Entwicklung bestimmen, und die äußeren Bedingungen der Umgebung, welche die so bestimmte Entwicklung ermöglichen.

III. Von der Einteilung der Tiere.

(Systematik.)

Das praktische Bedürfnis des Menschen, die tierischen Lebewesen, die er kennen lernte, von einander zu unterscheiden, war die Wiege der Systematik. Diese suchte daher auch ursprünglich lediglich nach praktischen Gesichtspunkten Ordnung und Uebersichtlichkeit in die Mannigfaltigkeit der Tierformen zu bringen. Erst als sich das Wissen von den Tieren vertiefte, indem man mit dem inneren Bau und der Entwicklung derselben bekannt wurde, war es die wissenschaftliche Einsicht, welche mehr und mehr zum maßgebenden Faktor für die Einteilung der Tiere wurde. Die größere oder geringere Uebereinstimmung in der gesamten Organisation wurde das bestimmende Kriterium für die systematische Gruppierung der Tiere. Damit erhob sich die Systematik zu einer wissenschaftlichen Disziplin der Tierkunde, welcher die Aufgabe zufiel, ein unserem jeweiligen Wissen von den Tieren entsprechendes System aufzustellen.

Demnach ist das zoologische System der Aus-

druck unserer Vorstellungen über die Uebereinstimmungen und Verschiedenheiten der Tiere unter einander, und zwar nicht nur schlechtweg, sondern auch in den graduellen Abstufungen dieser Uebereinstimmungen und Verschiedenheiten. Die Grundlagen der bezeichneten Vorstellungen liefern die zoologischen Thatsachen und die auf diesen beruhenden Einsichten. Da diese Letzteren einer steten Erweiterung und Vertiefung unterliegen, so muß auch das System der Tiere fortgesetzt Wandlungen darbieten, die bald mehr, bald weniger das äußere Bild desselben verändern.

Um den Grad der Uebereinstimmung unter den Tieren zu klarem Ausdruck zu bringen, war es notwendig, eine Anzahl einander übergeordneter systematischer Einheiten aufzustellen, die Kategorien genannt werden. Die wichtigsten derselben werden als Art (= Spezies), Gattung, Familie, Ordnung, Klasse und Stamm bezeichnet. Es muß ausdrücklich hervorgehoben werden, daß diese Kategorien künstliche, aus Zweckmäßigkeitsgründen vorgenommene Unterscheidungen repräsentieren.

Der Charakter und damit auch die Stufenfolge der einzelnen Kategorien wird natürlich durch den Wert der für sie maßgebenden Merkmale bestimmt: Der Stufenleiter der systematischen Kategorien liegt eine Wertskala der Organisationseigentümlichkeiten der Tiere zu Grunde. Der Besitz eines Organs wie z. B. die Wirbelsäule ist ein den Fischen, Lurchen, Reptilien, Vögeln und Säugern gemeinsames Merkmal, weshalb diese Tiere als Wirbeltiere zu einem Stamm vereinigt werden. Ein Federkleid als äußere Körperbedeckung ist ein Kennzeichen, welches nur einem Teil der Wirbeltiere, der Klasse der Vögel, eigen ist. Die Wirbelsäule und das Federkleid sind daher in

dem Sinne systematisch ungleichwertige Organe, als das erstere allgemeinerer Natur ist als das letztere: Die Wirbelsäule ist ein Stammcharakter, das Federkleid nur ein Klassencharakter. Im Allgemeinen wird die Verbreitung eines Organs das entscheidende Kriterium seines systematischen Wertes und der darauf sich gründenden Verwendbarkeit als Art-, Gattungs-, Familienmerkmal u. s. w. abgeben. Natürlich kann es sich bei der Bestimmung der die verschiedenen Kategorien charakterisierenden Merkmale immer nur um konstante Eigentümlichkeiten der Organisation handeln, da sonst die Aufstellung der Kategorien hinfällig würde.

Wenngleich nun nach dem Gesagten einleuchten wird, daß jede Kategorie um so fester bestimmt erscheint, je mehr charakteristische Kennzeichen für sie namhaft gemacht werden können, so muß doch der Natur der Sache nach, je weiter wir von der untersten Kategorie des Systems, der Art, zu der höchsten, dem Stamm, aufsteigen, die Zahl der bestimmenden Merkmale abnehmen, gleichzeitig aber der Wert derselben zunehmen. Die Stammcharaktere werden deshalb der Zahl nach wenige, aber die wertvollsten, die Charaktere der Art dagegen zahlreich, aber von untergeordneter Bedeutung sein.

Von den systematischen Kategorien ist die Art oder Spezies von besonderer Wichtigkeit, weil sie die elementare systematische Einheit darstellt, die in der Regel nicht weiter auflösbar ist. Das hängt damit zusammen, daß zur Charakteristik der Art schon die spezialisiertesten Merkmale, welche noch bei einer größeren Anzahl von Individuen als konstante gemeinsame Kennzeichen auftreten, verwendet werden. Die große Zahl und insbesondere die spezialisierte Natur der Artmerkmale bringt mit Notwendigkeit eine weitgehende Uebereinstimmung unter den Individuen derselben Art mit sich, eine Gleichartig-

keit, die wir im täglichen Leben als eine Gleichheit schlechtweg zu betrachten pflegen.

Diese Auffassung ist aber nicht zutreffend, denn die Individuen, welche zu einer Art zusammengeschlossen werden, sind niemals identisch gebaute Tiere, sondern innerhalb der für die betreffende Art charakteristischen Merkmale veränderliche, also individuell verschiedene Organismen. Man bezeichnet diese Erscheinung als Variabilität; sie findet im praktischen Leben ihren prägnantesten Ausdruck in der bekannten Thatsache, daß ein guter Hirte in der ihm anvertrauten Herde jedes einzelne Individuum für sich zu erkennen und unter den Genossen desselben zu unterscheiden vermag. Die Variabilität äußert sich allgemein darin, daß die tierischen Individuen innerhalb der durch den Speziescharakter gesetzten Schranken veränderliche (= variable) Merkmale der verschiedensten Qualität aufweisen, welche in den mannigfaltigsten Kombinationen den einzelnen Tierpersonen ihr individuelles Gepräge (= Individualcharakter) verleihen. Durch dieses unterscheidet sich jedes Individuum von allen anderen derselben Art.

Zur wissenschaftlichen Benennung der Tiere bedient man sich der lateinischen Sprache in der Weise, daß jede Tierart mit zwei Wörtern belegt wird, einem Hauptworte, welches die Gattung angibt, zu welcher das Tier gehört, und einem Nebenworte, mit welchem die Art gekennzeichnet wird. So heißt der Hund canis familiaris, der Wolf canis lupus, womit ausgedrückt wird, daß beide Tierformen der Gattung canis zuzurechnen sind, die erstere aber die Art „Hund", die letztere die Art „Wolf" darstellt. Diese Benennungsweise wird als „binäre Nomenklatur" bezeichnet.

Das heute geltende System der Tiere umfaßt die im Nachstehenden aufgeführten sieben Stämme. Wie wir

schon aus früheren Darlegungen wissen und auch in der Tabelle des Systems zum Ausdruck gebracht ist, lassen sich die Tiere noch allgemeiner in Urtiere und Zellentiere einteilen und die letzteren wieder in Radiata und Bilateralia sondern. Man pflegt indes als höchste systematische Kategorie den Stamm zu betrachten, und so mag auch für die folgende Darstellung die Gruppierung nach Stämmen beibehalten werden.

System der Tiere.

I. **Urtiere** (= **Protozoa**)

Tiere vom Formwert einer Zelle.

1. Stamm: Urtiere oder Protozoa — wie oben.

II. **Zellentiere** (= **Metazoa**)

Tiere mit vielzelligem Bau.

a. Strahltiere (= Radiata) — Architektonik des Körpers radiär.

2. Stamm: Radiärtiere oder Radiata — wie oben.

b. Bilateraltiere (= Bilateralia) — Architektonik des Körpers bilateral-symmetrisch.

3. Stamm: Würmer oder Vermes — Bilateraltiere mit Hautmuskelschlauch und paarigen Abscheidungsorganen.

4. Stamm: Gliederfüßler oder Arthropoda — Bilateraltiere mit heteronomer Körpergliederung und mit gegliederten Leibesanhängen.

5. Stamm: Weichtiere oder Molluska — Bilateraltiere mit Fuß und Mantel.

6. Stamm: Stachelhäuter oder Echinoderma — Bilateraltiere von sekundärem Strahltypus und mit Ambulakralsystem.

7. Stamm: Wirbeltiere oder Vertebrata — Bilateraltiere mit innerem gegliederten Achsenskelett (Wirbelsäule).

Begreiflicherweise kann die nachfolgende kurze Uebersicht nur die wesentlichste Charakteristik der einzelnen Stämme geben, doch ist der Erörterung jedes Stammes eine tabellarisch gehaltene Zusammenstellung der wichtigsten systematischen Gruppen desselben angeschlossen. Eine Ausnahme wurde nur bezüglich der Urtiere gemacht, da dieselben in den bisherigen Ausführungen, die aus Gründen der Zweckmäßigkeit bloß von den Zellentieren handelten, keine Berücksichtigung finden konnten, in ihrer bedeutsamen Eigenart aber eine eingehendere Darlegung erheischen.

1. Stamm: **Die Urtiere (Protozoa).**

Der Stamm der Urtiere umfaßt eine ganze Welt unendlich vielgestaltiger Organismen von meist mikroskopischer Kleinheit und einfachstem Bau. Dieser beschränkt sich bei aller Besonderheit im Einzelnen überall auf die morphologische Grundlage der Zelle, d. h. der Körper der Urtiere besteht aus einem Protoplasmaleib, welcher einen oder mehrere Kerne enthält. Diese große Uebereinstimmung im Bau des Urtieres mit dem der Zelle hat dahin geführt, die Protozoën schlechtweg als einzellige Tiere zu bezeichnen. Dies ist indes nicht ganz zutreffend, denn die Urtiere sind Organismen und als solche selbständige Lebewesen wie die Metazoën, mit deren elementaren Fähigkeiten sie auch ausgestattet erscheinen; bei den Zellen ist dies nicht der Fall. Zelle und Urtier stimmen mithin nur in den wesentlichen Grundzügen des Baues überein und es ist deshalb entsprechender, die Protozoën Tiere vom Formwert einer Zelle zu nennen; als solche sind sie die wahren Elementarorganismen, Organismen ohne Organe, soferne für die letzteren ein zelliger Aufbau charakteristisch ist.

Trotz der Einfachheit in den Hauptmerkmalen des Baues

bieten die Urtiere im Einzelnen doch die verschiedenartigsten Gestaltungen und Grade der Ausbildung dar, so daß wir ganz wohl auch unter ihnen von höheren und niederen Formen sprechen können. Wir wollen unsere Umschau unter diesen Lebewesen an die Betrachtung eines der einfachst gebauten und weitestverbreiteten Vertreter derselben knüpfen.

In den Tümpeln und Lachen unserer süßen Wässer oder auf feuchter Erde (Moos) wird man kaum jemals vergeblich nach dem sogen. Wechseltierchen (Amoeba) suchen, einem winzigen, mikroskopisch kleinen Urtierchen, welches in der That nichts weiter als ein unscheinbares Protoplasmaklümpchen darstellt, das in seinem Innern einen rundlichen, bläschenförmigen Kern beherbergt (Fig. 41). Der Sarkodeleib zeigt in die homogene Protoplasmamasse feinste Körnchen eingelagert, welche der ersteren ein granuliertes Aussehen verleihen. Diese Körnelung durchsetzt aber nicht die ganze Körpermasse, sondern läßt an der Peripherie derselben eine schmale Protoplasmazone von Körnchen frei, wodurch sich dieselbe als homogene Randschicht (Ektosark) von der granulierten Innenmasse (Entosark) abhebt. In der letzteren liegt der von der umgebenden Sarkode deutlich gesonderte Kern, dessen Bau mit demjenigen eines Zellkerns im Wesentlichen übereinstimmt.

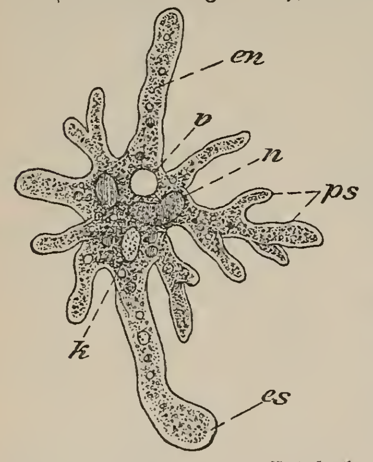


Fig. 41. Amoebe. en Entosark, es Ektosark, k Kern, n Nahrungskörper, ps Pseudopodien, v Vakuole.

In der Ruhe zeigt die Amoebe annähernd Kugelgestalt; diese behält sie aber in der Regel nicht lange bei, sondern geht

bald in eine eigentümliche Bewegungsweise über, mittelst deren das Tierchen die Ortsveränderung vollzieht. Die Art der Bewegung bedingt einen bald rascheren, bald langsameren kontinuierlichen Wechsel des Formzustandes der Amoebe und hat diesem Wesen den Namen Wechseltierchen eingebracht; sie beruht auf der Fähigkeit, sogen. Scheinfüßchen (= Pseudopodien) zu bilden. Es sind das Fortsätze von faden-, finger- oder lappenförmiger Gestalt, die meist an jeder beliebigen Stelle der Körperoberfläche durch Vorquellen des homogenen Ektosarks hervorgebracht, jeden Augenblick aber auch wieder durch Zurückfließen desselben zum Verschwinden gebracht werden können. Will die Amoebe in einer bestimmten Richtung sich fortbewegen, so entsendet sie die Scheinfüßchen in dieser, und der übrige Körper fließt den Pseudopodien nach, wodurch dieselben für einen Augenblick verschwinden; alsbald treten aber in derselben Richtung von neuem Scheinfüßchen hervor, und das Spiel von vorher wiederholt sich. So bewegt sich die Amoebe gewissermaßen an ihren Pseudopodien dahingleitend von Ort zu Ort.

Aber nicht bloß zur Bewegung benützt das Wechseltierchen die Pseudopodien, sie dienen ihm auch zur Nahrungsaufnahme. Trifft eine Amoebe auf ihren Wanderungen einen zur Nahrung geeigneten Körper, z. B. eine Alge, so umfließt sie dieselbe mit ihren Scheinfüßchen und preßt sie alsdann in die nachquellende Innenmasse, in welcher die Verdauung stattfindet. Daß das Protoplasma der Amoebe kontraktil ist, davon kann man sich gerade bei der Verdauung aufgenommener Nahrungskörper durch die Wahrnehmung leicht überzeugen, daß die letzteren durch selbständige Bewegungen des Protoplasmas im Entosark umhergetrieben werden. Nicht minder zeigt die aufmerksame Beobachtung, daß unser Tier-

chen empfindet, denn es reagiert auf äußere Reize in unzweideutiger Weise; wird die Amoebe während des Umherwanderns von einem rasch vorbeischwimmenden größeren Tiere unsanft berührt, so zieht sie sofort die Pseudopodien ein und geht in den kugelförmigen Ruhezustand über, um erst nach einigem Abwarten wieder Scheinfüßchen auszusenden und die unterbrochene Wanderung fortzusetzen.

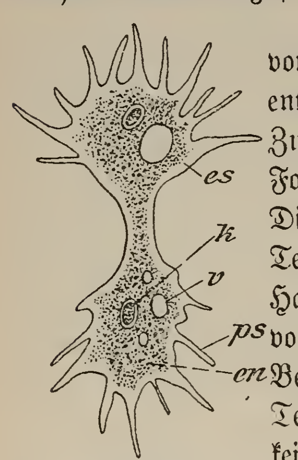


Fig. 42. Amoebe in Teilung. en Entosark, es Ektosark, k Kern, ps Pseudopodien, v Vakuole.

Das Bild, welches im Vorstehenden vom Bau und Leben eines Wechseltierchens entworfen wurde, würde eines wesentlichen Zuges entbehren, wenn nicht noch der Fortpflanzung dieses Wesens gedacht würde. Dieselbe (Fig. 42) erfolgt durch einfache Teilung, welche im Allgemeinen einer Halbierung entspricht und auch hier stets vom Kern eingeleitet und bestimmt wird. Bemerkenswert ist, daß während der Teilung die Lebensäußerungen der Amoebe keine Unterbrechung erleiden, vielmehr das Spiel der Pseudopodien, Nahrungsaufnahme und Verdauung u. s. w. ununterbrochen fortdauern.

Die geschilderten Verhältnisse, welche uns die Amoebe darbot, können als vorbildlich für alle Urtiere gelten, insofern ein Sarkodeleib mit Ekto- und Entosark, ein in diesen eingelagerter Kern, freie Beweglichkeit und Empfindung, sowie Fortpflanzung durch Teilung allgemeine Attribute des Protozoënorganismus darstellen. Im besonderen haben wir indes nach der Art der die Bewegung vermittelnden Ausbildungen zwei Klassen von Urtieren zu unterscheiden:

1. Schleimtiere (Sarcodina) und
2. Aufgußtiere oder Infusorien (Ciliata).

Unser Beispiel, die Amöbe, gehört in die erste Klasse, die Sarkodetiere. Diese sind Urtiere, welche sich mittelst Pseudopodien bewegen und daher keine Formbeständigkeit ihres Körpers besitzen, denn es ist begreiflich, daß eine bestimmte Körperform mit der Fähigkeit, an beliebigen Stellen der Leibesoberfläche Scheinfüßchen zu bilden und wieder verschwinden zu lassen, unvereinbar ist. Anders verhält es sich mit den Aufgußtierchen. Bei den Angehörigen dieser Protozoënklasse ist die äußerste Schichte des Ektosarks zu einem festeren, aber elastischen Häutchen verdichtet (Cuticula), welches eine bestimmte Körperform fixiert, dabei indes doch auf starken Druck eine beschränkte und vorübergehende Gestaltsveränderung gestattet. Da die Ausbildung einer Cuticula die Entwicklung von Pseudopodien unmöglich macht, erscheint die hohe Beweglichkeit der Infusorien an persistierende Cilien oder Wimpern gebunden, welche als kurze und zarte, meist dicht gedrängt angeordnete Härchen unmittelbare Fortsetzungen des Ektosarks darstellen. Durch ihr lebhaftes und bestimmt gerichtetes Schlagen befähigen sie ihre Träger zu rascher Ortsveränderung.

Nach dieser allgemeinen Orientierung wollen wir nun die beiden Klassen der Urtiere im Besonderen näher betrachten.

a. **Schleimtiere** (Sarcodina).

Von diesen Urtieren ist zunächst als eine weitverbreitete Eigentümlichkeit derselben ihr Vermögen, Skelette zu bilden, anzuführen. Nur wenige Schleimtiere, wie unsere Amöbe, entbehren dieser Fähigkeit und bleiben zeitlebens nackt. Im Allgemeinen beruht die Skelettbildung der Sarkodinen auf der Thätigkeit des Ektosarks, welches eine organische Grundsubstanz auszuscheiden vermag, in welche kohlensaurer Kalk oder

Kieselsäure abgelagert oder Fremdkörper (feinste Sandsplitter und dergl.) aus der Umgebung aufgenommen werden. Die Form der Skelette zeigt eine unendliche Mannigfaltigkeit, die namentlich unter den noch besonders zu erwähnenden Radiolarien die zierlichsten Gestaltungen darbietet. Dem festen Skelette stellt sich der protoplasmatische Teil des Tieres als Weichkörper gegenüber. Dort, wo die Skelettbildung auf die Hervorbringung weitmaschiger Netz- und Gitterkugeln oder radiär gestellter und oft bis ins Entosark reichender feinerer oder gröberer Nadeln beschränkt ist, können sich die Pseudopodien frei entfalten, ja benützen derartige Nadeln nicht selten als Gleitbahnen. Häufig aber bilden die Skelette solide Kapseln um den Weichkörper; in solchen Fällen besitzt die Skelettschale entweder eine einzige große Oeffnung, durch welche die Scheinfüßchen in Form von Büscheln heraustreten, oder sie ist von zahlreichen feinen Poren durchsetzt, die den Durchtritt der Pseudopodien vermitteln (Kalkschale der Foraminiferen). Eine Komplikation der Schalen ist dabei dadurch bewerkstelligt, daß an Stelle der einfachen Kapseln mehr- oder vielkammerige Gehäuse treten. Die einzelnen Kammern solcher Schalen erscheinen in regelmäßiger Folge, nicht selten schneckenhausartig oder spiral in einer Ebene angeordnet und sind durch feste Scheidewände getrennt, die aber mit Oeffnungen versehen sind, durch welche hindurch ein Plasmastrang sich erstreckt, der die in den aufeinanderfolgenden Kammern gelegenen Teile des Weichkörpers verbindet. Mithin stellt der Weichkörper stets ein einheitliches Gebilde dar und bringt den Bau der Schale in seiner eigenen Gestaltung gewissermaßen zum Abdruck.

Entsprechend der so geringen Größe der Urtiere sind natürlich auch die Skelette derselben mit wenigen Ausnahmen von mikroskopischer Kleinheit. Trotzdem liefern dieselben, be-

sonders die Kalkschalen der Foraminiferen ein überzeugendes Beispiel dafür, welch' gewaltige Wirkungen die lange fortdauernde Summierung geringfügiger Ursachen hervorzubringen vermag: Man kennt ganze Gebirgszüge auf der heutigen Erdoberfläche, welche einstmals vom Meere bedeckt waren und in der Hauptsache aus nichts anderem als den nach und nach zu Boden gesunkenen Schalenresten abgestorbener Foraminiferen zusammengesetzt sind (Foraminiferenkalk), eine Thatsache, die wohl geeignet ist, die geologische Bedeutung dieser unscheinbaren Tierwelt in die hellste Beleuchtung zu rücken.

Im Protoplasma der Schleimtiere finden sich fast allgemein Tröpfchen einer wasserklaren Flüssigkeit suspendiert, die Vakuolen genannt werden (Fig. 41, 42) und bei manchen Formen in solcher Menge auftreten, daß sie dem Sarkodekörper, wenigstens in den peripheren Schichten, ein schaumiges Aussehen verleihen. Derartige Flüssigkeitstropfen bilden sich nicht selten im Umkreise aufgenommener Nahrungskörper und dienen dann als Nahrungsvakuolen der Verdauung. Diese vollzieht sich in der Regel, wie bei der Amöbe, im Entosark; wo aber die Ausbildung von Skeletten die Einbringung größerer Nahrungskörper in das Entosark nicht gestattet, findet die Verdauung in loco, d. h. im Bereich der jenen Nahrungskörper umfließenden Pseudopodien statt. Strömungen, die von dem Sarkodeleib ausgehend, sich in die Pseudopodien fortsetzen und von diesen in den Protoplasmakörper zurückkehren (Körnchenströmung der Foraminiferen), vermitteln in solchen Fällen den Transport der Nahrungsstoffe von den peripheren zu den zentralen Teilen des Weichkörpers.

Viele Sarkodinen haben die Fähigkeit, sich einzukapseln, eine sog. Cyste zu bilden und so kürzere oder längere Ruhezustände einzugehen. Das Tier zieht seine Scheinfüßchen ein,

nimmt die Gestalt einer Kugel an und scheidet an der Oberfläche eine kutikulare Hülle ab, die ungemein widerstandsfähig ist: das Tier hat sich mit einer Cyste umgeben. Diese Cysten sind vortreffliche Schutzeinrichtungen, zumal gegen länger andauernde widrige äußere Einflüsse (Austrocknung), werden aber auch vorübergehend gebildet, um größere Nahrungsmassen in Ruhe verdauen zu können (Verdauungscysten), oft aber auch im Zusammenhange mit der Fortpflanzung als Teilungscysten erzeugt. In solchem Falle zerlegt sich der plasmatische Inhaltskörper der Cyste, voran wieder der Kern, in zwei, mehrere oder viele Teilstücke, die nach Sprengung der Cystenwand frei werden.

Die höchste Organisationsstufe unter den Sarkodinen repräsentieren die Radiolarien. Bei diesen vielgestaltigen und zierlichen Wesen tritt eine charakteristische Sonderung auf, indem innerhalb des Weichkörpers eine häutige, kugelige Kapsel, Zentralkapsel genannt, zur Ausbildung kommt, die von zahlreichen feinsten Poren durchsetzt ist und den Weichkörper in zwei Schichten teilt: eine außerhalb der Zentralkapsel gelegene (extracapsulaeres Plasma) und eine innerhalb dieser häutigen Bildung befindliche (intracapsulaeres Plasma). In diesem befindet sich der Kern oder mehrere Kerne; jenem gehören die Pseudopodien an, überdies häufig auch kleine, gelbe Körperchen, die als gelbe Zellen bezeichnet werden, pflanzlicher Natur sind (einzellige Algen) und als Symbionten im Weichkörper der Radiolarien leben. In dem letzteren Verhalten liegt eine Erscheinung vor, die im Tierreich mehrfach zu Tage tritt, als Symbiose bezeichnet wird und auf dem Zusammenleben zweier verschiedenartiger Organismen zu wechselseitigem Vorteil beruht.

b. **Infusorien** (Ciliata).

Der allgemeinste Charakter der Infusorien liegt in der Ausstattung dieser Tiere mit Wimpern oder Cilien. Das Wimperkleid dient in erster Linie als Bewegungsorgan und gewährt gegenüber den Pseudopodien seinem Träger eine weit vielseitigere und raschere Beweglichkeit. Nach Anordnung und Beschaffenheit bieten die Cilien eine Reihe von Verschiedenheiten dar, die bei der systematischen Einteilung der Infusorien Verwendung gefunden haben. Hinsichtlich der Anordnung erscheinen die Wimpern entweder über die ganze Körperoberfläche verbreitet oder auf bestimmte Gebiete derselben beschränkt, in Bezug auf die Beschaffenheit untereinander gleich oder ungleich. In manchen Fällen finden sich neben den Cilien noch festere Plasmafortsätze in Form beweglicher Griffel oder Borsten, die dem Tiere sogar ein Laufen auf fester Unterlage gestatten.

Mit geringfügigen Ausnahmen besitzen die Infusorien durchweg eine Mundöffnung, die am Grunde einer als Schlund bezeichneten trichter- oder röhrenförmigen Einsenkung des Protoplasmakörpers gelegen ist. Der Schlundtrichter pflegt in seinem ganzen Verlaufe oder doch an seiner oberflächlichen Mündung durch einen oft spiralig angeordneten Kranz großer und kräftiger Wimpern (adorale Wimperzone) ausgezeichnet zu sein, die das Herbeistrudeln der Nahrung besorgen und so die letztere der Mundöffnung zuführen. Auch eine Afteröffnung ist in der Regel vorhanden. Mund und After liegen meist an entgegengesetzten Polen des gewöhnlich länglichen Infusorienkörpers und markieren so an demselben ein Vorder- und Hinterende. Dadurch, daß bei der Bewegung stets dieselbe Körperfläche nach abwärts gerichtet ist und diese noch durch besondere Ausbildungen wie die früher erwähnten Griffel und Borsten

eine andersartige Beschaffenheit erhält, kommt es nicht selten zur Sonderung einer Bauch- und Rückenseite (Hypotricha).

Fast ausnahmslos sind den Infusorien, übrigens auch schon manchen Sarkodinen, pulsierende Vakuolen eigen (Fig. 43), so genannt, weil sie in rhythmischer Folge erscheinen und wieder verschwinden. Sie sind bald in der Einzahl, bald mehrfach vorhanden und haben entweder eine konstante Lage oder treten wechselnd einmal da, ein andermal dort auf, bilden sich aber immer nahe der Körperoberfläche. Es handelt sich dabei wie bei allen Vakuolen um Flüssigkeitstropfen, aber der Inhalt derselben wird regelmäßig beim Verschwinden der Vakuole nach Außen entleert. Man kann nicht selten bei dem letzteren Vorgange im Umkreise der verschwundenen Vakuole radiär gestellte Kanälchen wahrnehmen, die an die Oberfläche führen und den Inhalt des Flüssigkeitstropfens nach Außen befördern. Die physiologische Bedeutung der pulsierenden Vakuolen liegt in der Entfernung derjenigen gelösten Stoffwechselprodukte, die für das Tier unbrauchbar sind; diese Bildungen fungieren demnach wie Exkretionsorgane.

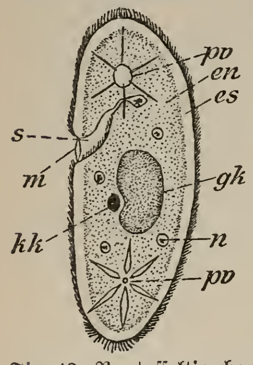


Fig. 43. Pantoffeltierchen. en Entosark, es Ektosark, gk Großkern, kk Kleinkern, m Mund, n Nahrungskörper, pv pulsierende Vakuole, oben im dilatirten, unten im kontrahirten Zustande, s Schlund.

Von großer Bedeutung für die Charakteristik der Infusorien ist weiterhin der Umstand, daß neben dem vornehmlich in der Einzahl, seltener in der Zwei- oder Mehrzahl vorhandenen Kern, der die verschiedensten Formen darbieten kann, fast regelmäßig noch ein kleineres kernartiges Gebilde vorkommt, welches als Kleinkern (Nebenkern) (Fig. 43) dem anderen Kern (Groß- oder Hauptkern) gegenübergestellt wird. Nicht der

Hauptkern, sondern der Kleinkern ist es, welcher bei der Fortpflanzung der Infusorien die Hauptrolle spielt.

Manche Infusorien vermögen Stiele zu bilden (Fig. 44), mit deren Hilfe sie sich an eine geeignete Unterlage festheften (Peritricha). Solche Stiele können in ihrem Inneren einen axialen Protoplasmafaden enthalten, welcher durch besondere Kontraktilität ausgezeichnet ist (Stielmuskel) und dadurch eine plötzliche Verkürzung des Stieles bewirken kann, daß er sich ruckweise in eine Spirale zusammenzieht. Immer bewahren indes auch die auf Stielen festsitzenden Infusorien die Fähigkeit spontaner Loslösung und vermögen unter Hervorbringung besonderer Wimperreifen die freie Beweglichkeit zu gewinnen.

Skelettbildungen finden sich bei den Infusorien nur ausnahmsweise, hingegen sind sie in hohem Maße imstande, Ruhezustände in Cysten einzugehen, wobei die Undurchlässigkeit der Cystenhülle das darin eingeschlossene Tier vor den schädigenden Einflüssen widriger äußerer Umstände, wie sie beispielsweise die Trockenheit mit sich bringt, zu beschützen und so lange Zeit lebensfähig zu erhalten vermag. Solche Cysten können leicht durch den Wind überallhin verbreitet werden, und darauf beruht die überraschende Thatsache, daß wir mit Hilfe des Mikroskops fast allerorten Infusorien nachweisen können. Vielfach treten im Zusammen-

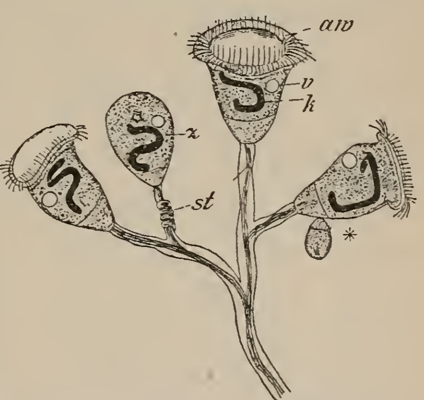


Fig. 44. Stöckchen von Glockentierchen (Carchesium). aw adorale Wimperzone, k Kern, st Stielmuskel, rechts zusammengezogen, links ausgestreckt, v Vakuole, z Individuum mit eingezogener Wimperzone bei * Konjugation.

hang mit der Fortpflanzung Teilungscysten auf, doch ist dies nicht die Regel.

Die Fortpflanzung der Infusorien erfolgt durch Teilung, und zwar ist dieselbe überall da, wo keine Cysten gebildet werden, im wesentlichen eine Halbierung durch Querteilung. Oft indes geht der Vermehrung durch Teilung ein Vorgang voraus, welcher als Konjugation bezeichnet wird. Damit bezeichnet man die vorübergehende Vereinigung zweier Individuen derselben Art, während welcher die Nebenkerne der konjugierenden Tiere Teile ihrer Substanz in bestimmter Weise und unter Auflösung der Großkerne austauschen. Nach Abschluß dieses Prozesses trennen sich die beiden Individuen wieder, und nun ist jedes befähigt, in Teilung einzutreten. Sind wie bei den Glockentierchen (Fig. 44) die konjugierenden Individuen von merklich verschiedener Größe und dazu noch das eine auf seinem Stiele festsitzend, während das andere freibeweglich das erstere aufsucht, so haben wir einen Vorgang vor uns, der unmittelbar an die geschlechtliche Fortpflanzung der Zellentiere erinnert.

Die Infusorien sind, wie die Urtiere allgemein, fast ausschließlich Wasserbewohner und zwar vornehmlich des süßen, weniger des salzigen Wassers. Unter den Schleimtieren gibt es dagegen größere Gruppen, die ausschließlich Meeresbewohner sind, wie die Foraminiferen und die Radiolarien.

Systematische Uebersicht.

Protozoa (Urtiere).

I. Sarcodina (Schleimtiere). Mit Pseudopodien.

A. Rhizopoda. Ohne Zentralkapsel.

1. Nuda. Ohne Schale. Amoeba (Wechseltierchen).
2. Testacea. Mit Schale.

a) Monothalamia. Schale einfach. Difflugia.
b) Polythalamia. Schale gekammert.
α. Imperforata. Schale mit einer großen Oeffnung. Miliola.
β. Perforata (= Foraminifera). Schale mit vielen kleinen Oeffnungen. Rotalia.

B. Radiolaria. Mit Zentralkapsel. Heliosphaera.

II. Ciliata (Infusorien). Mit Cilien.
a. Holotricha. Wimpern gleichartig und über den ganzen Körper verbreitet. Paramaecium (Pantoffeltierchen).
b. Heterotricha. Bewimperung wie oben, mit adoraler Wimperzone. Stentor (Trompetentierchen).
c. Hypotricha. Körper in Rücken- und Bauchfläche gesondert, nur die letztere bewimpert. Stylonychia.
d. Peritricha. Gestielt, nur mit adoraler Wimperzone. Vorticella (Glockentierchen).

2. Stamm: **Die Strahltiere** (**Radiata**).

Die durch die radiäre Architektonik ihres Körpers charakterisierten Strahltiere umfassen zwei Tiergruppen, die in ihrem Bau im Uebrigen so beträchtlich von einander abweichen, daß sie eine getrennte Betrachtung erheischen: die Schwämme und die Nesseltiere.

a. **Schwämme** (**Spongiae**).

Im ausgebildeten Zustande sind die Spongien nur selten deutlich strahlig gebaut, meist vielmehr sogar von so unregelmäßiger Gestalt, daß die radiäre Architektonik vollkommen verwischt erscheint. Daß diese Tiere trotzdem als Strahltiere bezeichnet werden, gründet sich auf ihre Entwicklung, in welcher allgemein radiär gebaute Larven auftreten. Die Schwämme sind festsitzende Tiere, nur als Larven freibeweglich. Mit dem Aufgeben des freien Lebens, dem Anheften an irgend einer Unterlage wird der strahlige Bau zurückgebildet und mehr und

mehr in eine unregelmäßige Körperform übergeführt. Mit einer einzigen Ausnahme, dem Süßwasserschwamm (Spongilla), leben alle Spongien im Meere.

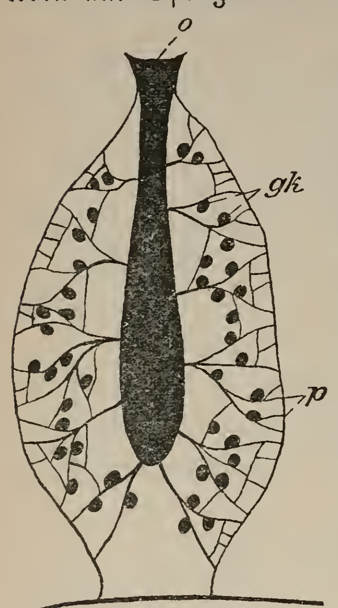


Fig. 45. Schema des Gastrovaskularapparates eines Schwammes. gk Geißelkammern, o Oskulum, p Poren.

Der Körper der Spongien wird von einer zellenreichen, weichen Masse, Parenchym genannt, gebildet, die sehr verschieden mächtig sein kann, stets aber von zahlreichen feineren und gröberen Kanälen in der mannigfachsten Anordnung durchzogen wird (Fig. 45). An der Oberfläche des Schwammkörpers, welche von einer Lage platter Zellen begrenzt ist (Epidermis), beginnen diese Kanäle mit feinen Oeffnungen (Poren) und verlaufen, sich vielfach verästelnd, ins Innere des Schwammes und münden dort in einen oder mehrere Hohlräume, die mittelst größerer Oeffnungen, Auswurfsöffnungen (oscula), mit der umgebenden Außenwelt kommunizieren. Dieses Kanalsystem ist ebenfalls von einem zarten Plattenepitel ausgekleidet. Stets schalten sich in den Verlauf der Kanäle in verschiedenartiger Gruppierung kleine blasenförmige Erweiterungen ein, deren Wandungen von eigentümlichen, mit einem Plasmakragen versehenen Geisselzellen (Kragenzellen) (Fig. 46) gebildet werden, die sogen. Geisselkammern. Durch die Poren dringt das umgebende Wasser in den Schwamm ein und

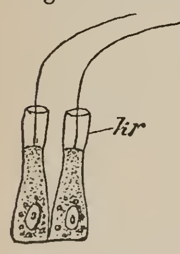


Fig. 46. Zwei Kragenzellen eines Schwammes. kr Kragen.

wird durch die Thätigkeit der Geisselkammern im Kanalsystem weiter getrieben und den großen Hohlräumen zugeführt, aus welchen es durch die Auswurfsöffnungen den Schwamm wieder verläßt; es zirkuliert mithin durch den Schwammkörper ein beständiger Wasserstrom. Das geschilderte System von Kanälen und Hohlräumen stellt einen Gastrovaskularapparat dar, der neben allseitiger Ernährung auch der Atmung dient.

Fast alle Spongien bilden Skelette, deren Grundlage mannigfach gestaltete Nadeln (spicula) aus Kieselsäure oder kohlensaurem Kalk oder Fasern aus einem hornähnlichen Stoffe (Spongin) darstellen. Nadeln und Fasern werden immer im Parenchym von Zellen desselben erzeugt. Durch feste Zusammenfügung und Verbindung der Nadeln entstehen die zusammenhängenden, oft zierlich gestalteten Kalk- und Kieselskelette. Aehnliche Verbindungen gehen auch die Hornfasern ein und bilden die relativ einförmigen Hornskelette, für welche unser Badeschwamm ein bekanntes Beispiel liefert.

Die Schwämme besitzen weder ein Nervensystem noch Sinnesorgane, ihr Empfindungsvermögen ist ebenso mangelhaft wie ihre Beweglichkeit. Demnach entbehren sie gerade der spezifisch tierischen Eigenschaften, und es begreift sich, daß sie lange Zeit als Pflanzen galten.

b. Nesseltiere (Cnidaria).

Die Nesseltiere verdanken ihren Namen dem Besitz mikroskopisch kleiner Organe, die in großer Zahl entweder über den ganzen Körper verbreitet oder auf bestimmte Teile des letzteren beschränkt sind, dann aber auch an diesen Stellen besonders massenhaft angehäuft zu sein pflegen (Nesselknöpfe, Nesselbatterien). Man nennt diese Organe Nesselkapseln (cnida); sie (Fig. 47) stellen bläschenförmige Bildungen dar, deren Inneres von einer nesselnd wirkenden Flüssigkeit erfüllt ist,

in welcher ein spiralig aufgerollter, nicht selten mit Widerhaken ausgestatteter hohler Faden enthalten ist, der auf gewisse äußere Reize nach außen vorgeschleudert werden kann. Stets entstehen die Nesselkapseln in Zellen (Nesselzellen), vornehmlich der Oberhaut, und dienen hauptsächlich zum Angriff auf Beutetiere, die durch den ätzenden Inhalt betäubt oder auch getötet werden.

Ausnahmslos leben die Nesseltiere im Wasser, abgesehen vom Süßwasserpolypen (Hydra) sind sie Bewohner des Meeres.

In der Regel treten uns die Cnidarier in zwei verschiedenen Formen entgegen, als festsitzende, meist gestielte Polypen und als freischwimmende Medusen, die entwicklungsgeschichtlich durch einen Generationswechsel in der Weise mit einander verbunden zu sein pflegen, daß der Polyp auf ungeschlechtlichem Wege die Meduse erzeugt und diese auf geschlechtlichem Wege wieder den Polypen. Von diesem Verhalten gibt es indes zahlreiche Ausnahmen, indem viele Polypen nur wieder Polypen (Hydra) und ebenso auch viele Medusen nur wieder Medusen hervorzubringen vermögen.

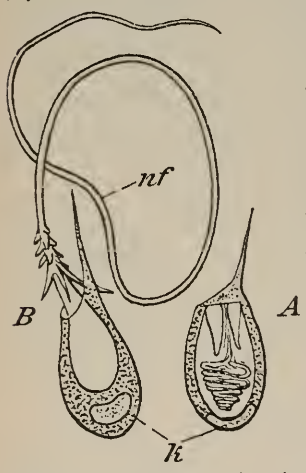


Fig. 47. Nesselzellen. A mit aufgerolltem, B mit herausgeschleudertem Nesselfaden nf, k Kern.

Die Polypen (Fig. 48) zunächst, welche den Medusen gegenüber einfacher gebaut sind, stellen kontraktile cylindrische Säcke dar, die mit dem geschlossenen Ende auf einer Unterlage festsitzen. Das entgegengesetzte Ende trägt die Mundöffnung, die gleichzeitig auch als After fungiert und stets von einer

oft ansehnlichen Menge faden- oder fingerförmiger, sehr kontraktiler Fortsätze, den Tentakeln, umgeben ist. Diese dienen als Fangarme und sind deshalb reichlich mit Nesselkapseln versehen. Der Mund führt in einen geräumigen Hohlraum (Gastrovaskularraum), der entweder einfach gestaltet ist oder in einen zentralen Teil und davon ausgehende radiär gestellte periphere Taschenräume (Magentaschen) zerfällt. Die Körperwandung der Polypen besteht aus zwei epitelialen Zellenlagen, einer äußeren, die Epidermis bildenden (Außenschicht) und einer den Gastrovaskularraum auskleidenden inneren (Innenschicht), die durch eine zarte strukturlose Membran, die Stützlamelle genannt wird, getrennt werden oder zwischen sich eine mehr oder weniger mächtige bindegewebige Mittelschicht zur Ausbildung bringen. Die Außenschicht dient vornehmlich der Empfindung und enthält daher neben den Epitelzellen Nervenzellen; der Innenschicht liegt hauptsächlich die Ernährung ob. Kontraktile Elemente, sei es in Form von Epitelmuskelzellen, sei es als typische Muskelfasern, können sowohl der Außen- wie der Innenschicht eigen sein.

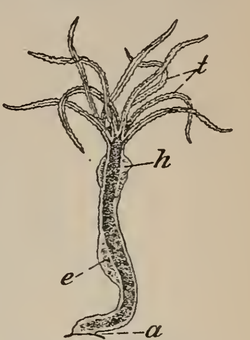


Fig. 48. Süßwasserpolyp. a Ansatzpol, e Ei, h Hode, t Tentakel.

Die Medusen (Fig. 49, 50) wiederholen, so sehr auch ihre äußere Erscheinung von der der Polypen verschieden ist, im Prinzip doch den Bau der letzteren. Als freischwimmende Tiere erheben sie sich allerdings über die Organisationsstufe der Polypen, wie schon die reichliche Ausstattung mit Sinnesorganen (Augen und Gehörbläschen) bekundet, mit welchen die Ausbildung eines nervösen Zentralorgans in Form eines mit Ganglienzellen ausgestatteten Nervenringes Hand in Hand

geht. Die Quallen haben die Gestalt eines Schirmes oder einer mehr oder weniger gewölbten Glocke; die bei der Bewegung nach oben gerichtete Fläche ist konvex, die entgegengesetzte konkav; beide gehen am freien Glockenrande in einander über. Dieser ist kreisrund und entweder glatt oder gelappt und trägt die stets in bestimmter Zahl und radiärer Anordnung auftretenden Tentakel und Sinnesorgane. Dem Klöppel einer Glocke vergleichbar hängt von der Mitte der konkaven Fläche (Glockenhöhle) ein sackförmiger Anhang, das sogen. Magenrohr, herab, dessen freies Ende die Mundöffnung trägt, während das entgegengesetzte sich in den Glockenkörper

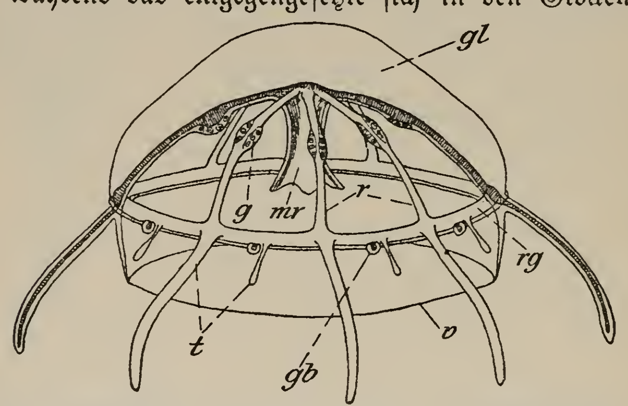


Fig. 49. Meduse (von der Seite gesehen). g Geschlechtsorgane, gb Gehörbläschen, gl Glocke, mr Magenrohr, r Radiärkanäle, rg Ringkanal, t Tentakel, v Velum.

in Form radiär verlaufender Kanäle (Radiärkanäle) fortsetzt, die am Glockenrand meist in einen in diesem gelagerten Ringkanal münden. In diesem Apparat ist das Gastrovaskularsystem gegeben. Konzentrisch mit dem Ringkanal verläuft der Nervenring, sowie in gleicher Weise ein Muskelband, durch dessen Kontraktionen der Durchmesser der Glocke verkürzt wird. Darauf beruht das Schwimmvermögen der Medusen, indem bei Erschlaffung des Ringmuskelbandes

das umgebende Wasser in die Glockenhöhle eintritt, bei der Kontraktion des Ringmuskels aber herausgepreßt wird, wodurch eine stoßartige Bewegung des Tieres in der der Glockenmündung entgegengesetzten Richtung bewirkt wird. Ein charakteristisches Merkmal des Quallenbaues liegt darin, daß die Mittelschicht außerordentlich mächtig entwickelt und durch bedeutenden Wassergehalt ausgezeichnet ist, welch' letzterer Umstand derselben eine gallertige Beschaffenheit verleiht.

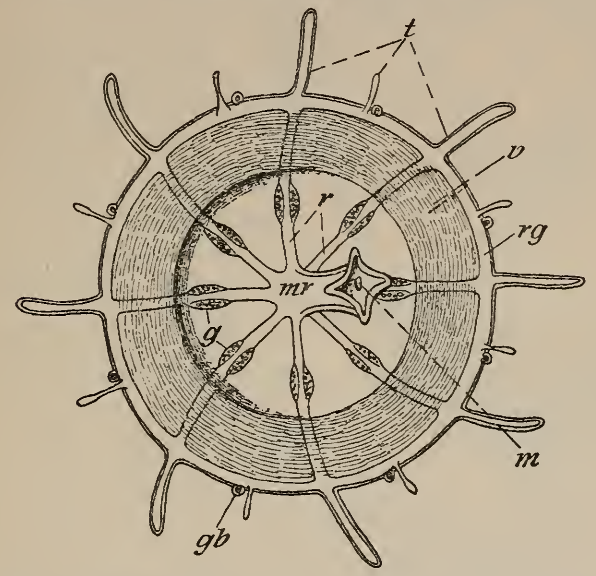


Fig. 50. Meduse (von der konkaven Glockenfläche gesehen). g Geschlechtsorgane, gb Gehörbläschen, m Mund, mr Magenrohr, r Radiärkanäle, rg Ringkanal, t Tentakel, v Velum.

Viele Medusen besitzen einen horizontal gestellten, in die Glockenhöhle vorspringenden bandartigen Saum, der vom Glockenrand entspringt und demselben entlang verläuft. Dieser Randsaum wird Velum genannt und ist für die einfacher gebauten Quallen ein niemals fehlendes Merkmal.

Um die Meduse auf den Bau des Polypen zurückzu-

führen, bedarf es lediglich der Umkehrung der Ersteren, so daß die konvexe Glockenfläche nach unten gerichtet ist (Fig. 51). Ein Vergleich beider Formen läßt dann ohne Schwierigkeit die prinzipielle Uebereinstimmung von Polyp und Meduse erkennen.

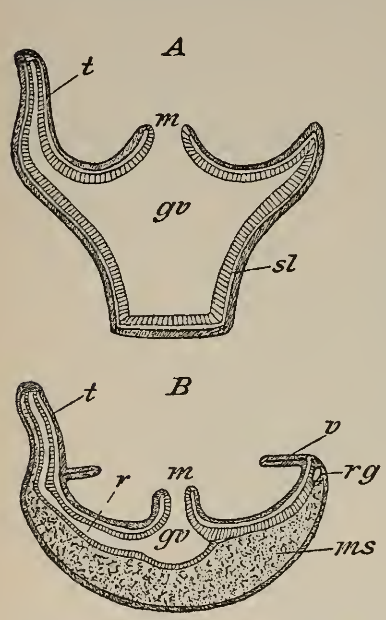


Fig. 51. Schema A eines Polypen, B einer Meduse. gv Gastrovaskularraum, m Mund, ms Mittelschicht, r Radiärkanal, rg Ringkanal, sl Stützlamelle, t Tentakel, v Velum.

Die Medusen bilden niemals Skelette, ein Verhalten, das bei den Polypen nur ausnahmsweise vorkommt. Die Skelettbildungen der Polypen sind sehr mannigfaltig und oft von massiger Entwicklung. Bei den einfacher gebauten Polypen sind die Skelette noch zartere chitinige Bildungen, die von der Außenschicht ausgeschieden werden und entweder nur den Stiel des Polypen mit einer Chitinscheide (Periderm) umgeben oder auch um den Polypen selbst eine kelchartige Hülle (Hydrotheka) bilden (Fig 52). Nur in seltenen Fällen verkalken die Chitinskelette. Bei den Korallenpolypen gestaltet sich die Skelettbildung viel verwickelter und umfangreicher. Hier nehmen die Skelette entweder auch von der Außenschicht oder von der Mittelschicht ihren Ursprung, vielfach aber von beiden; im letzteren Falle kommt es zur Entstehung zweier Skelettsysteme, die von einander unabhängig sind und als äußeres und inneres Skelett unterschieden werden. Stets ist das Außenskelett das weitaus mächtigere, massive Kelche bildend,

in welche die Tiere mehr oder weniger tief eingebettet sind. Die Skelette der Korallenpolypen bestehen in der Regel aus kohlensaurem Kalk, viel seltener aus einer hornartigen Substanz. Eine Vorstellung von der durch die Stockbildung unserer Tiere noch besonders begünstigten Mächtigkeit der Korallenskelette vermag die Thatsache zu geben, daß die letzteren im Meere weitläufige Bänke aufbauen und selbst zur Entstehung eigentümlich gestalteter Inseln (Riffe, Atolle) Veranlassung geben.

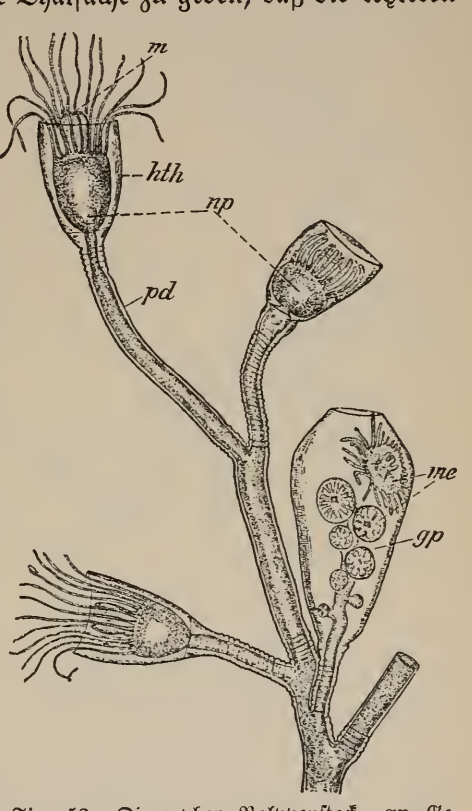


Fig. 52. Dimorpher Polypenstock. gp Geschlechtsindividuum mit Medusen me, np Nährindividuen, hth Hydrotheka, m Mund, pd Periderm.

Die Nesseltiere pflanzen sich geschlechtlich und ungeschlechtlich fort, das letztere vorwiegend durch Knospung, nur selten durch Teilung. Dadurch, daß bei der Knospung die Ablösung der Knospentiere oder doch einer Anzahl derselben unterbleibt, ist der Ausgangspunkt für die Bildung von Tierstöcken gegeben, die selbstverständlich auf die Polypen beschränkt, hier aber ungemein verbreitet sind. Die Verschiedenheiten in der Art der Knospung bedingen die Formenmannigfaltigkeit der Stöcke. Durch Arbeitsteilung innerhalb der Individuen

eines Stockes kommt es bei Hydrozoënpolypen zur Sonderung von Nährindividuen, die den typischen Polypenbau bewahren, und Geschlechtsindividuen (Fig. 52) der verschiedenartigsten Ausbildungsstufen (Gonophoren, Sporosaks, Medusen), Verhältnisse, die im Generationswechsel von Polyp und Meduse ihren extremsten Ausdruck finden. In den Stöcken der Korallenpolypen unterbleibt jene Sonderung und damit auch die Ausbildung von Medusen oder solchen vergleichbaren eigenartigen Geschlechtsindividuen.

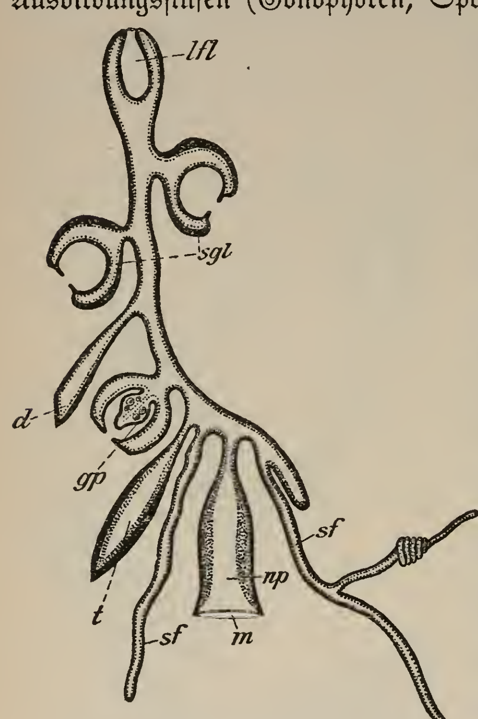


Fig. 53. Schema einer Siphonophore. d Decktier, gp Geschlechtsindividuum, lfl Luftflasche, np Nährindividuum mit Mund m, sf Senkfäden, sgl Schwimmglocken, t Taster.

Ein bemerkenswertes Verhalten bietet die Entwicklung der Scyphomedusen dar; hier tritt die Polypenform, die den Bau eines Korallenpolypen zeigt, als Jugendstadium auf (Scyphostoma), welches aus sich durch Querteilung unter gleichzeitiger Umwandlung der Teilstücke in Medusen (Ephyra) die Endform entstehen läßt.

An die Verhältnisse der dimorphen Tierstöcke bei den Hydrozoënpolypen schließt sich der Organismus der Staatsquallen (Siphonophora) an. Es sind dies Tierstöcke (Fig. 53), deren Individuen sehr verschieden gebaut sind, teils mehr

medusenähnlich, teils mehr polypenartig erscheinen und als Schwimmglocken, Senkfäden, Geschlechtsindividuen, Decktiere, Nähr- und Wehrindividuen unterschieden werden. Das Charakteristische der Staatsqualle liegt darin, daß die einzelnen Individuen so vollständig in dem Dienst einer neuen Einheit, derjenigen des Stockes, aufgegangen sind, daß sie zu einfachen Organen des Siphonophorenkörpers geworden sind und der letztere, obwohl aus einer Vielheit von Individuen zusammengesetzt, doch den Eindruck einer einzigen Person darbietet.

Systematische Uebersicht.

Radiata (Strahltiere).

I. Spongiae (Schwämme). Strahltypus mehr oder weniger undeutlich. Stets ohne Nesselorgane. Euspongia (Badeschwamm).

II. Cnidaria (Nesseltiere). Strahltypus deutlich. Stets mit Nesselorganen.

1. Hydrozoa. Polypen mit einfachem Gastrovaskularsystem, Medusen mit Velum.
   - a. Hydraria. Polypen ohne Medusenformen, ohne Skelett. Hydra (Süßwasserpolyp).
   - b. Hydrocorallina. Polypen ohne Medusenformen, mit verkalktem Außenskelett, stockbildend. Millepora.
   - c. Trachymedusae. Medusen ohne Polypenformen. Carmarina.
   - d. Polypomedusae. Meist dimorphe Stöcke, Polyp und Meduse durch Generationswechsel verbunden. Campanularia (Polyp) — Eucope (Meduse).
   - e. Siphonophora. Polymorphe Hydrozoënstöcke, freischwimmend. Physophora.

2. Scyphozoa. Polypen mit Magentaschen. Medusen ohne Velum.
   a. Anthozoa. (Korallenpolypen). Meist stockbildend, ohne Medusenformen.
      α. Octactinia. Mit 8 Magentaschen und ebensovielen gefiederten Tentakeln. Corallium (Edelkoralle).
      β. Hexactinia. Mit 6 oder meist einem Vielfachen von 6 Magentaschen und ebensovielen einfachen Tentakeln. Actinia (Seerose) skelettlos, solitär. Madrepora mit Kalkskelett, Stöcke, riffbildend.
   b. Acalephae. Medusen mit Scyphostoma-Polypen als Jugendformen. Aurelia (Ohrenqualle).

3. Stamm: **Die Würmer** (Vermes).

Die Würmer sind Bilateraltiere von vorwiegend langgestreckter, seltener dorsoventral abgeplatteter und dabei verkürzter Körperform. Als charakteristisches Merkmal aller Würmer kann ihr Lokomotionsorgan, der Hautmuskelschlauch gelten, auf dessen Thätigkeit die eigentümlich kriechende (wurmförmige) Bewegung dieser Tiere beruht. Derselbe besteht in der Regel aus zwei Muskelschichten, die unmittelbar unter der Oberhaut gelegen sind und in verschiedenen Richtungen im Körper verlaufen und darnach als Längsmuskel- und Ringmuskellage unterschieden werden. In manchen Fällen können hierzu noch dorsoventral ausgespannte isolierte Muskelzüge kommen. Ganz allgemein besitzen die Würmer paarige Excretionsorgane, die entweder in einem Paare oder als Segmentalorgane in vielen Paaren vorhanden sind, im ersteren Falle langgezogene, mehr oder wenige verästelte Röhren darstellen, die sich oft zu einem unpaaren Endstück vereinigen,

das am Hinterende oder mehr vorne mit einem in der Medianebene gelegenen Porus nach Außen mündet, im anderen Falle als kürzere, meist knäuelförmig aufgewundene Schläuche erscheinen, von welchen jeder für sich seitlich oder bauchständig ausmündet.

Die Organisation der Würmer bietet im Uebrigen so verschiedene Befunde dar, daß die drei Abteilungen der Plattwürmer, Rundwürmer und Ringelwürmer, in welche unser Stamm eingeteilt wird, einzeln charakterisiert werden müssen.

a. **Plattwürmer** (Platodes).

Der Körper ist dorsoventral abgeplattet, mehr oder weniger blattförmig oder unter Bildung eines distinkten Kopfabschnittes (Fig. 54) bandartig lang ausgezogen und dann wie die Glieder einer Kette in zahlreiche gleiche Abschnitte zerlegt, die Proglottiden (Fig. 55) genannt werden (Bandwürmer). Die Epidermis

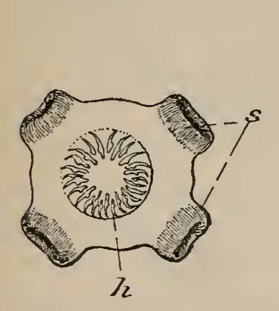


Fig. 54. Kopf eines Bandwurms (von oben gesehen). h Hakenkranz, s Saugnäpfe.

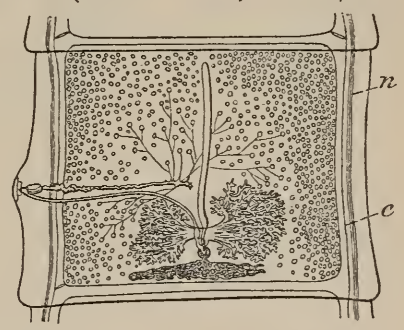


Fig. 55. Proglottis eines Bandwurms. e Exkretionskanal, n Längsnerv, im Innern der komplizierte Geschlechtsapparat.

ist entweder ein Wimperepitel oder scheidet eine meist derbe Cuticula aus, je nachdem die Tiere freileben oder als Parasiten im (Ento-) oder auf dem Körper (Ektoparasiten) anderer Tiere (Wirte) schmarotzen. Im letzteren Falle dienen lokali-

sierte, scheiben- oder napfförmige, Muskelbildungen (Saugnäpfe), oft auch noch Chitinhaken zum Festheften des Schmarotzers an oder in seinem Wirttier. Der Darm ist stets afterlos, fehlt vielfach auch ganz. Im Inneren des Platodenorganismus gibt es keine Leibeshöhle, vielmehr liegen alle Organe in ein weiches zellenreiches Bindegewebe eingebettet, welches den ganzen Körper erfüllt und (wie bei den Spongien) Parenchym heißt. Diese Eigentümlichkeit ist für die Plattwürmer so charakteristisch, daß man diese als parenchymatöse den übrigen Würmern gegenübergestellt hat. Unter den freilebenden Plattwürmern kommt nicht selten ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Teilung vor; die Entwicklung mancher parasitischer Formen vollzieht sich mittelst Heterogonie (Distomum).

b. **Rundwürmer** (Nematodes).

Der stets drehende Körper bietet in seiner Organisation eigenartige Befunde. Zunächst erweist sich der Hautmuskelschlauch nach Anordnung und Aufbau von dem aller anderen Würmer verschieden. Er erstreckt sich nicht gleichmäßig über die ganze Körperoberfläche, sondern läßt dorsal und ventral an beiden Seiten (rechts und links) je einen schmalen Streifen von Muskelelementen frei, so daß die Muskulatur auf dem Querschnitt des Wurmes in 4 Felder geteilt erscheint, zwischen welchen ebensoviele muskelfreie Felder liegen (Fig. 56). Da diese Anordnung durch den ganzen Körper dieselbe bleibt, treten die schmalen, muskelfreien Felder gegenüber den Muskelfeldern in Form von Längslinien auch äußerlich hervor und werden als Medianlinien (Bauch- und Rückenlinie), beziehungsweise Seitenlinien unterschieden. Die Muskelzelle der Nematoden ist durch bedeutende Größe ausgezeichnet und besteht nur zum Teil aus kontraktiler Substanz, der

übrige Teil des Zellkörpers bleibt protoplasmatisch und entsendet nach innen Fortsätze (Fig. 57), die oft mit denjenigen benachbarter Muskelzellen in Verbindung treten. Eine weitere Besonderheit unserer, übrigens vorwiegend parasitisch lebenden, Tiere liegt darin, daß die beiden Längsstämme des hier bereits mit einem Schlundring versehenen Nervensystems nicht seitlich, sondern dorsal und ventral in den Medianlinien verlaufen. Die Epidermis der Rundwürmer scheidet eine mächtige Cuticula aus, die der Haut eine große Derbheit verleiht.

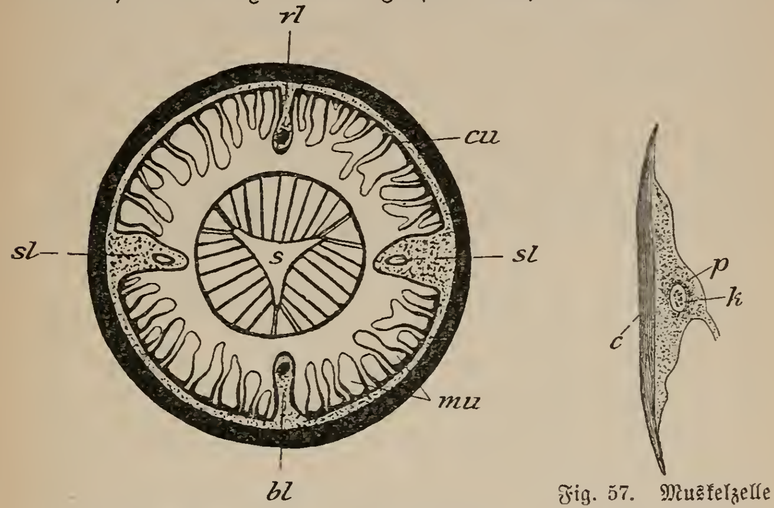


Fig. 56. Querschnitt durch einen Rundwurm. cu Cuticula, bl Bauchlinie, rl Rückenlinie, sl Seitenlinien, mu Muskulatur.

Fig. 57. Muskelzelle eines Rundwurms. c kontraktiler, p plasmatischer Teil, k Kern

c. **Ringelwürmer** (Annelides).

Das wesentliche Charakteristikum der Anneliden ist in der eigentümlichen Körpergliederung (Segmentierung) derselben gegeben (Fig. 58): Der Körper dieser Tiere ist durch quere, in regelmäßigen Abständen sich wiederholende häutige Scheidewände (Dissepimente) in eine größere Anzahl (oft über 100) meist auch äußerlich durch ringförmige Einkerbungen

kenntliche Folgestücke geteilt, die Ringel, Segmente oder Metameren genannnt werden. Abgesehen von dem vordersten Abschnitt (Kopfsegment), welcher in der Regel mehr oder weniger scharf als Kopf sich von dem übrigen Körper abhebt, erscheinen die Metameren durchaus von gleichartigem Bau, eine Form der Segmentierung, die als homonome bezeichnet wird. Mit der geschilderten Körpergliederung geht die gesamte innere Organisation Hand in Hand, indem zunächst sowohl der Darm, wie das Nervensystem (Bauchganglienkette) und die Exkretionsorgane (Segmentalorgane), seltener der Geschlechtsapparat eine metamere Anordnung erhalten. Die

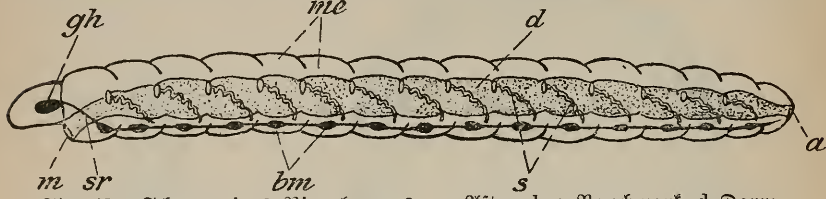


Fig. 58. Schema eines Ringelwurms. a After, bm Bauchmark, d Darm, gh Gehirn, m Mund, me Metameren, s Segmentalorgane, sr Schlundkommissur.

Ringelwürmer besitzen ein Blutgefäßsystem in Form eines allseitig geschlossenen dünnwandigen Röhrensystems, das stets mindestens zwei Hauptstämme erkennen läßt, einen dorsalen und einen ventralen, welche den Körper des Tieres durchziehen und vorn und hinten in einander übergehen, überdies in der Regel auch in jedem Segment durch quere Gefäßschleifen mit einander verbunden sind. Gewisse Blutgefäße sind mit kontraktilen Wandungen versehen; diese fungieren als Herz. Die Anneliden sind mit einer bald mehr bald weniger geräumigen Leibeshöhle (Cölom) ausgestattet, die ebenfalls der Körpergliederung folgt und daher metamer gekammert ist. Diese Eigentümlichkeiten, sowie die hohe Differenzierung, welche überhaupt alle Organsysteme unserer Tiere,

voran das Nervensystem auszeichnet, weisen dem Organismus der Anneliden die oberste Stelle unter den Würmern an.

Die Ringelwürmer umfassen zwei große Abteilungen, die Borstenwürmer und Egel. Die Ersteren sind durch den Besitz äußerer Borsten charakterisiert, die chitinige Bildungen von mannigfacher Form darstellen und in besonderen grübchenförmigen Einsenkungen der Haut (Borstentaschen) gebildet werden. Muskeln, welche an die Borsten, die zu paarigen, segmental angeordneten Bündeln vereinigt zu sein pflegen, herantreten, vermitteln die Beweglichkeit dieser Organe und unterstützen so nicht selten die Wirksamkeit des Hautmuskelschlauches. Weitverbreitet finden sich unter den Borstenwürmern paarige, aber niemals gegliederte Fortsätze an den Seiten jedes Segments, Stummelfüße (Parapodien) genannt, die als Träger der Borstenbündel und häufig auch kiemenartiger Anhänge fungieren. Die Oberhaut der Blutegel, die fast niemals Borsten tragen, ist reichlich von Drüsen durchsetzt, deren schleimiges Sekret der Körperoberfläche eine schlüpfrige Beschaffenheit verleiht. Vorder- und Hinterende sind mit je einem Saugnapf versehen; im Grunde des vorderen Saugnapfs liegt der Mund. Die Leibeshöhle der Egel ist durch Bindegewebswucherungen stark reduziert, auch die äußere Segmentierung in Wegfall gekommen; die äußerlich erkennbare Ringelung dieser Würmer beruht auf einer Ringelung der Haut und hat nichts mit der Metamerie zu thun, die lediglich in inneren Organen (Darm, Nervensystem, Exkretionsorgane und Geschlechtsapparat) zum Ausdruck kommt.

Die Anneliden leben vornehmlich im Wasser, viele Formen werden auch auf dem Lande in feuchter Erde angetroffen. Neben den freilebenden, oft räuberischen Formen gibt es auch Ringelwürmer, die sessil geworden sind, sich Röhren, selbst

Gehäuse bauen, in welchen sie vorübergehend oder dauernd wohnen und Schutz finden. Die typische Entwicklung ist durch eine als Trochophora bezeichnete freischwimmende Larve charakterisiert, die in der Hauptsache den Kopf und das Hinterende des künftigen Wurmes darstellt. Neben der geschlechtlichen Fortpflanzung findet sich nicht selten Teilung.

Systematische Uebersicht.

Vermes (Würmer).

I. Platodes (Plattwürmer). Parenchymatöse Würmer.
   1. Turbellaria (Strudelwürmer). Oberhaut bewimpert, freilebend.
      a. Rhabdocoelida. Darm einfach. Mesostomum.
      b. Dendrocoelida. Darm verästelt. Dendrocoelum.
   2. Trematodes (Saugwürmer). Darm gegabelt, Parasiten. Distomum.
   3. Cestodes (Bandwürmer). Körper bandförmig verlängert, in Kopf und Proglottiden gesondert, ohne Darm, Parasiten. Taenia.

II. Nematodes (Rundwürmer). Drehrund, mit Seitenlinien und unvollkommener Leibeshöhle, meist Parasiten. Ascaris (Spulwurm).

III. Annelides (Ringelwürmer). Segmentierte Würmer.
   1. Chaetopoda (Borstenwürmer). Mit äußerer und innerer Segmentierung.
      a. Oligochaeta. Borstenbündel in Hautgrübchen.
         α. Limicolae. Wasserbewohner. Nais.
         β. Terricolae. Landbewohner. Lumbricus (Regenwurm).
      b. Polychaeta. Borstenbündel in Parapodien, Meeresbewohner,

α. Errantia. Freilebend. Nereis.

β. Sedentaria. Festsitzend, in Röhren. Sabella.

2. Hirudinea (Egel). Nur mit innerer Segmentierung. Mit Saugnäpfen. Hirudo (Blutegel).

4. Stamm. **Die Gliederfüßler (Arthropoda).**

Zwei Merkmale sind für die Gliederfüßler bestimmend: Erstens die heteronome Segmentierung des bilateralen Körpers und zweitens der Besitz gegliederter Leibesanhänge. Der Körper zerfällt wie bei den Ringelwürmern in Metameren, diese sind aber in der Regel nicht gleichartig sondern ungleichartig (= heteronom) gebaut (Fig. 59); die vordersten Segmente verschmelzen zu einem einheitlichen Kopf,

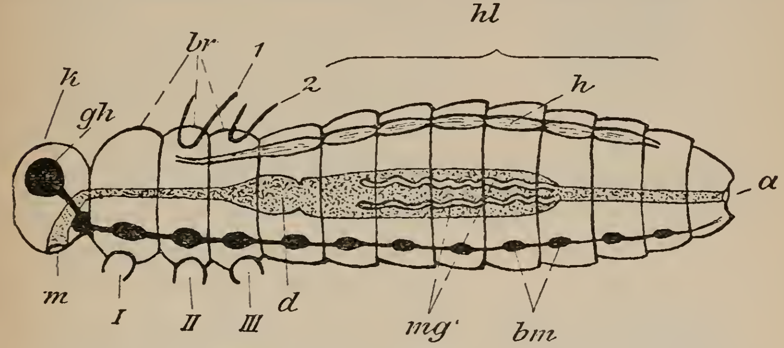


Fig. 59. Schema eines Insekts. k Kopf, br Brust, hl Hinterleib, 1, 2 Vorder- und Hinterflügel, I—III Beinpaare, a After, bm Bauchmark, d Darm, gh Gehirn, h Herz, m Mund, mg Malpighische Gefäße.

die darauffolgende Gruppe von Metameren vereinigt sich zu einem als Brust (Thorax) bezeichneten Abschnitt, und die hinteren Segmente, meist in größerer Zahl, formieren den Hinterleib (Abdomen) genannten Endteil. Damit ist eine Regionenbildung am Körper zum Ausdruck gebracht, die am schärfsten unter den Insekten hervortritt; bei anderen Gliederfüßlern ist sie weniger ausgeprägt, manchmal auch



Fig. 60. Kreuzspinne. b Beine, kbr Kopfbruststück, hl Hinterleib.

ganz verwischt. Häufig sind Kopf und Thorax zu einem Stück, dem Kopfbruststück (Cephalothorax), verbunden, wie dies bei vielen Krebsen und den Spinnen der Fall ist (Fig. 60, 61). Jedes Segment des Arthropodenkörpers besitzt ein paar seitlicher gegliederter Anhänge, die entwicklungsgeschichtlich nachweisbar sind, gleichviel ob sie im ausgebildeten Tiere vorhanden sind oder nicht.

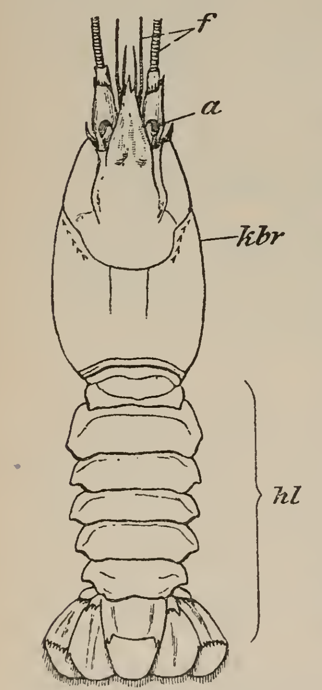


Fig. 61. Flußkrebs. a Augen, f Fühler, kbr Kopfbruststück, hl Hinterleib.

Darnach heißen unsere Tiere Gliederfüßler, womit gleichzeitig auch angemerkt ist, daß die ursprüngliche Funktion dieser segmentalen Leibesanhänge in der Lokomotion bestand. Am klarsten tritt dies bei den Tausendfüßlern zu Tage, bei welchen mit Ausnahme des Kopfes jedes Segment ein als Lokomotionsorgan dienendes Paar gegliederter Anhänge trägt (Beinpaare) (Fig. 62).

Bei den meisten Gliederfüßlern hingegen ist im ausgebildeten Zustande eine größere Anzahl der Anhangspaare, zurückgebildet, und andere wieder haben die Beziehung zur Lokomotion verloren und sind zu Hilfsorganen der Atmung oder

Ernährung, zu Kiementrägern oder Kiefern geworden oder endlich in Träger von Sinnesorganen (Fühler oder Antennen) verwandelt. Auf diesem Verhalten beruht die Verschiedenheit in der Zahl der als typische Bewegungsorgane (Beinpaare) fungierenden Leibesanhänge in den einzelnen Abteilungen der Arthropoden.

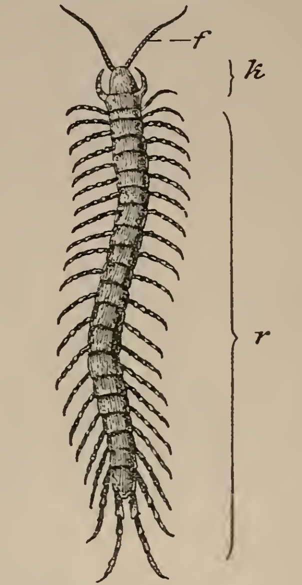


Fig. 62. Tausendfüßler (Scolopendra). f Fühler, k Kopf, r Hinterleib.

Ganz allgemein besitzen die Gliederfüßler ein von der Epidermis ausgeschiedenes, zuerst weichhäutiges, an der Luft oder im Wasser aber alsbald erstarrendes Skelett, das aus einer hornartigen, Chitin genannten Masse besteht und nach Entstehung und Lage selbstredend ein Außenskelett darstellt, sich auch über die Leibesanhänge erstreckt, nicht selten aber auch ins Innere des Körpers fortgesetzt erscheint (Fig. 63). Wenngleich diese Skelette auch als Schutzorgane fungieren können, dienen sie doch in erster Linie den Muskeln als feste Angriffspunkte. Nur ausnahmsweise bildet das Skelett einen zusammenhängenden festen Panzer um das Tier, sodaß keine Regionenbildung am Körper zum Ausdruck kommt; vielmehr bleibt in der Regel an Stellen, wo Segmente an einander grenzen, das Skelett dauernd weichhäutig, dehnbar und faltbar (Gelenkhaut),

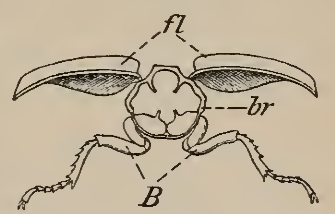


Fig. 63. Querschnitt durch das Brustskelett eines Insekts. br Brustskelettring, B Beinpaar, fl Flügelpadr.

wodurch eine gewisse Beweglichkeit solcher Ringel unter einander (Fig. 64) sowie eine beschränkte Erweiterungsfähigkeit jedes Metamers ermöglicht ist. Vielfach können auch ganze Körperregionen (Hinterleib) einheitliche und selbständige Bewegungen ausführen, die zu den mannigfaltigsten Verrichtungen verwendet werden. Die innere Organisation entspricht der äußeren Körpergliederung und Regionenbildung. Abgesehen vom Gehirn und den hauptsächlichsten Sinnesorganen trägt der Kopf überall den Mund und die paarig angeordneten, ungemein verschiedenartigen Mundwerkzeuge, die als beißende, leckende, saugende, stechende u. s. w. unterschieden werden. Dem Thorax gehören stets die Lokomotionsorgane an, die Beine und, wo solche vorkommen, die Flügel, weshalb dieser Abschnitt den Hauptteil des Bauchmarks und mächtige Muskelmassen beherbergt, indes im Abdomen vornehmlich die vegetativen Organe gelagert sind.

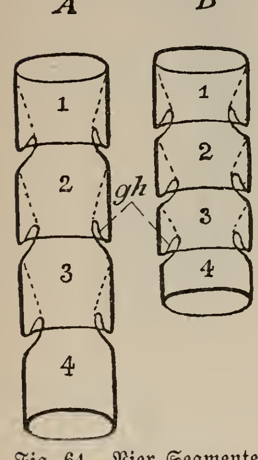


Fig. 64. Vier Segmente eines Gliederfüßlers. Schema A im gestreckten, B im kontrahirten Zustande; gh Gelenkhaut.

Die **Entwicklung** der Gliederfüßler geht nicht selten von parthenogenetischen Eiern aus und erfolgt in der Regel mittelst Metamorphose, welche bei den Krebsen durch die Ausbildung einer mit drei Beinpaaren und einem unpaaren Stirnauge versehenen, Nauplius genannten Larve (Fig. 65) charakterisiert ist, bei den meisten Insekten aber dadurch komplizierter scheint, daß die Larven einen Ruhe=

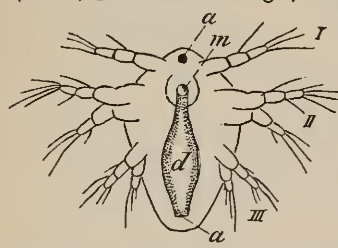


Fig. 65. Krebslarve (Nauplius). a (oben) Auge, (unten) After, d Darm, m Mund, I—III Beinpaare.

zustand durchmachen, zu Puppen werden, aus welchen erst nach oft tiefgreifenden Umwandlungen die fertigen Tiere hervorgehen. Da das starre Skelett der Größenzunahme des wachsenden Tieres nicht zu folgen vermag, so muß das letztere von Zeit zu Zeit den alten Panzer abwerfen und ein neues Skelett ausscheiden, ein Vorgang, der als Häutung bezeichnet wird und in der Weise erfolgt, daß unter dem alten Skelett das neue in weichhäutigem Zustande schon fertig gebildet ist, wenn jenes abgestreift wird.

Die Gliederfüßler umfassen zwei in ihrer Organisation beträchtlich auseinandergehende Abteilungen, die Krebse und die Tracheaten. Die Ersteren leben vornehmlich im Wasser und atmen durch Kiemen, die letzteren sind vorwiegend Landtiere und atmen durch Tracheen, ein ihnen ausschließlich eigentümliches Respirationssystem.

Systematische Uebersicht.

Arthropoda (Gliederfüßler).

I. Crustacea (Krebse). Atmen durch Kiemen, mit 2 Antennenpaaren.
   a. Entomostraca. Zahl der Segmente unbestimmt. Daphnia (Wasserfloh).
   b. Malacostraca. Zahl der Segmente 20. Astacus (Flußkrebs).

II. Tracheata. Atmen durch Tracheen. Exkretionsorgane Malpighische Gefäße.
   1. Arachnoidea (Spinnen). Mit Cephalothorax, 2 Kiefern- und 4 Beinpaaren.
      a. Acarina (Milben). Cephalothorax und Abdomen verschmolzen. Sarcoptes (Krätzmilbe).

b. Araneina. Cephalothorax und Abdomen durch einen kurzen Stiel verbunden. Epeira (Kreuzspinne).

c. Arthrogastra (Gliederspinnen). Abdomen deutlich segmentiert. Scorpio (Skorpion).

2. Myriapoda (Tausendfüßler). Körper in Kopf und Rumpf gesondert. Letzterer aus zahlreichen gleichartigen Segmenten gebildet. Mit 1 Antennenpaar.

a. Haplopoda. Jedes Segment mit 1 Beinpaar. Scolopendra.

b. Diplopoda. Die meisten Segmente mit 2 Beinpaaren. Julus (Tausendfuß).

3. Hexapoda (Insekten, Kerfe). Körper in Kopf, Brust und Hinterleib gesondert. Mit 1 Antennen-, 3 Kiefer- und 3 Bein- und meist 2 Flügelpaaren.

a. Orthoptera (Gradflügler). Metamorphose einfach, Mundwerkzeuge beißend. Gryllus (Grille).

b. Rhynchota (Schnabelkerfe). Metamorphose einfach, Mundwerkzeuge stechend und saugend. Aphis (Blattlaus).

c. Neuroptera (Netzflügler). Metamorphose mit Puppenzustand, Mundwerkzeuge beißend, die beiden häutigen Flügelpaare netzförmig geadert. Phryganea (Köcherfliege).

d. Coleoptera (Käfer). Metamorphose mit Puppenzustand, Mundwerkzeuge beißend, das vordere Flügelpaar zu harten Flügeldecken umgebildet. Melolontha (Maikäfer).

e. Diptera (Fliegen). Metamorphose mit Puppenzustand, Mundwerkzeuge stechend und saugend, das vordere Flügelpaar allein ausgebildet. Musca (Stubenfliege).

f. Lepidoptera (Schmetterlinge). Metamorphose mit Puppenzustand, Mundwerkzeuge saugend, die beiden Flügelpaare beschuppt. Papilio (Schwalbenschwanz).
g. Hymenoptera (Hautflügler). Metamorphose mit Puppenzustand, Mundwerkzeuge beißend und leckend, beide Flügelpaare zarthäutig. Apis (Biene).

5. Stamm: **Die Weichtiere (Mollusca).**

Der weder segmentierte noch mit gegliederten Anhängen ausgestattete Körper der Mollusken ist weich, eine Beschaffenheit, die durch schleimige Sekrete zahlreicher Hautdrüsen bewirkt wird und diesen Tieren ihren Namen eingebracht hat. Die Weichtiere sind durch den Besitz zweier, als Fuß und Mantel (Fig. 66, 67) unterschiedener Bildungen scharf gekennzeichnet. Der Fuß stellt das Lokomotionsorgan dar und besteht aus einem unpaaren, auf der Bauchseite gelegenen mächtigen Muskelpolster von sehr verschiedener Gestalt. Bald beilförmig, bald zu einer sohligen Fläche verbreitert oder seitlich zusammengedrückt eine kielartige Flosse bildend, bald wieder zu einem Trichter geformt erscheint er zum Graben, Kriechen und Schwimmen in mannigfacher Weise befähigt.

Fig. 66. Schema eines Querschnitts durch eine Muschel. b Band, d Darm, e Exkretionsorgan, f Fuß, h Herz, hb Herzbeutel, k Kiemen, m Mantel, s Schale.

Von der Rückenseite her erhebt sich eine Hautfalte, die den Körper des Tieres mehr oder weniger umhüllt und deshalb als Mantel bezeichnet

wird. Nach Form und Anordnung bietet der Mantel sehr verschiedene Befunde dar, niemals aber erstreckt sich derselbe dort, wo ein Kopf vorhanden ist, auf diesen, sondern ist auf den Rumpf beschränkt. Der Mantel hat eine doppelte Bedeutung; einmal umschließt er mit der Körperwandung einen Hohlraum, der sackartig gestaltet ist oder durch eine mehr oder weniger weite Oeffnung mit dem umgebenden Medium kommuniziert und Mantelhöhle heißt. Dieselbe beherbergt immer die Atemorgane, die vornehmlich aus Kiemen von lamellöser oder kammartiger Form gebildet werden, weit seltener Lungen sind, und führt daher auch den Namen Atemhöhle. Zweitens sondert der Mantel nach außen schichtweise eine Conchiolin genannte organische Substanz ab, die durch Einlagerung von kohlensaurem Kalk feste, schalenartige Skelette erzeugt.

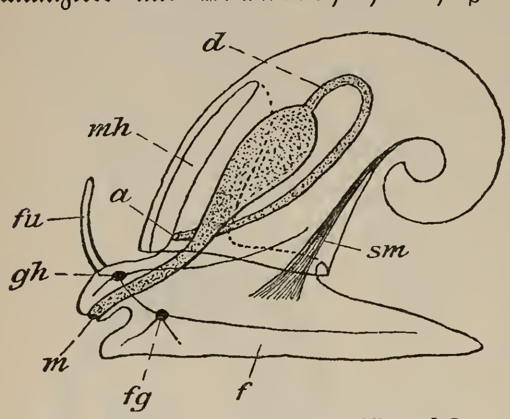


Fig. 67. Schema einer Schnecke. a After, d Darm, f Fuß, fg Fußganglion, fu Fühler, gh Gehirn, m Mund, mh Mantelhöhle, sm Spindelmuskel.

Die Form der Schalen ist natürlich abhängig von der Gestaltung des Mantels; wo dieser, wie bei den Muscheln, ein Paar großer seitlicher Blätter darstellt, erscheint die Schale zweiklappig, wobei die Schalenhälften dorsal durch ein elastisches Band beweglich verbunden, meist auch mittelst eigenartiger, Schloß genannter Zahnbildungen fest ineinander gefügt sind und durch in der Regel zwei zwischen diesen Schalenhälften quer ausgespannte Muskel geschlossen werden können. Sehr

häufig erhalten die Schalen der Weichtiere durch ungleichmäßiges Wachstum asymmetrische Formen, wofür die Gehäuse der Schnecken charakteristische Beispiele liefern; in solchen Fällen erscheint auch die innere Organisation des Tieres der Schalen-Asymmetrie entsprechend verändert. Nur ausnahmsweise ist die Schale gekammert oder fehlt ganz; häufiger verkümmert sie und bleibt unter der Haut verborgen (Rückenschulp der Tintenfische).

Die Schalenbildungen der Mollusken dienen in erster Linie den Bedürfnissen des Schutzes; in der Regel vermögen sich die Tiere in ihre Gehäuse einzuschließen, viele sogar, die Gehäuse einzudeckeln und sich so von der Außenwelt vollkommen abzusperren. Nirgend zeigen die Hartteile Beziehungen zur Lokomotion, vielfach erschweren sie vielmehr dieselbe und bedingen zum Teil deren Langsamkeit, so bei den Schnecken, die ihre Schalen mit Hilfe eines vom Fuß an die Achsenspindel des Gehäuses ziehenden Muskels mit sich schleppen. Mit Ausnahme der Muscheln ist der Körper der Weichtiere in Kopf und Rumpf gesondert. Bei den Schnecken zerfällt der Rumpf in einen hauptsächlich vom Fuß eingenommenen Unterkörper und einen in der Schale geborgenen, vornehmlich die vegetativen Organe beherbergenden Eingeweidesack.

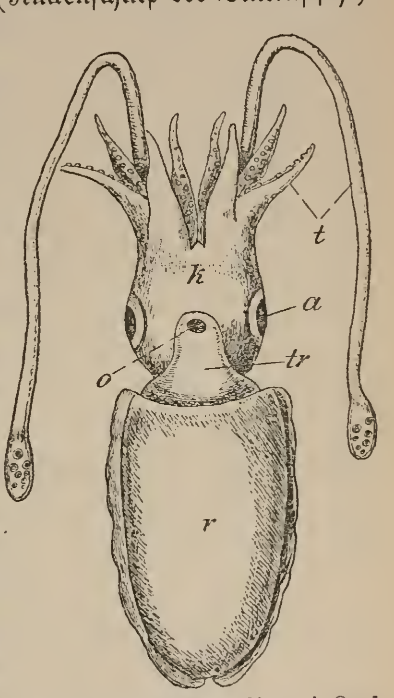


Fig. 68. Tintenfisch. a Auge, k Kopf, o Trichteröffnung, r Rumpf, t Arme, tr Trichter.

Die Sinnesorgane erreichen vielfach eine hohe Stufe der Ausbildung, was namentlich von den auch durch ihre Größe auffallenden Augen der Tintenfische (Fig. 68) gilt. Die Organisation der letztgenannten Tiergruppe bekundet in ihrer Eigenart überhaupt beträchtliche Unterschiede gegenüber dem Bau der übrigen Weichtiere. Der Kopf ist mit fadenförmigen oder muskelkräftigen, im letzteren Falle Arme genannten Tentakeln ausgestattet, die meist mit zahlreichen Saugnäpfen versehen sind, und enthält ein inneres Knorpelskelett in Form einer das Gehirn und Teile von Sinnesorganen umhüllenden Kapsel. Die Mundhöhle besitzt zwei hornige Kiefer, die nicht neben, sondern über einander gelagert sind und den Anblick eines Papageienschnabels gewähren; auf dem Boden der Mundhöhle ist ein als Zunge bezeichneter Muskelwulst gelagert, dessen Oberfläche von einer mit feinen Chitinzähnchen in mannigfacher Form und Anordnung besetzten Platte, die Reibplatte (Radula) genannt wird, bedeckt ist. Die letztgenannten Einrichtungen, Zunge und insbesondere Reibplatte, sind auch bei den Schnecken allgemein verbreitet (Fig. 69); auch Kieferbildungen finden sich bei diesen Tieren nicht selten vor, haben aber niemals die für die Tintenfische charakteristische Anordnung.

Eine fast allen Tintenfischen zukommende Bildung, die der ganzen Abteilung den Namen gegeben hat, ist der Tintenbeutel, eine birnförmige Drüse, deren tintenartiges Sekret durch den Trichter in Momenten der Gefahr willkürlich ausgestoßen wird; indem das umgebende Wasser durch das Sekret des Tintenbeutels getrübt wird, vermag sich das Tier den Blicken seiner Feinde zu entziehen und dadurch selbst in Sicher-

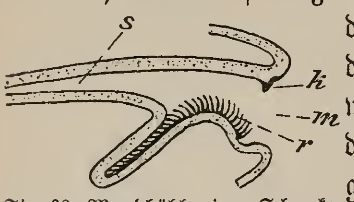


Fig. 69. Mundhöhle einer Schnecke im Längsschnitt. k Kiefer, m Mund, r Radula, s Schlund.

heit zu bringen. Eigenartig ist auch die Bewegungsweise der Tintenfische: Die geräumige Mantelhöhle kommuniziert durch einen breiten Spalt auf der Bauchseite mit dem umgebenden Medium; in dem queren Spalt liegt der zu dem ebengenannten Trichter umgewandelte Fuß, dessen untere Oeffnung in die Mantelhöhle mündet. Das Wasser dringt durch den Mantelspalt in die Mantelhöhle ein, umspielt die Kiemen und wird bei der Kontraktion der Mantelhöhle, durch welche die äußere Wandung des Trichters an die muskulöse Mantelwandung so angepreßt wird, daß der Mantelspalt vollkommen verschlossen ist, durch den Trichter herausgeschleudert. Derartige kräftige Wasserentleerungen dienen dem Tier zu einer zwar stoßweisen, aber pfeilschnellen Fortbewegung im flüssigen Medium. Die mit Armen ausgestatteten Tintenfische vermögen sich mit diesen überdies auch kriechend zu bewegen.

Die Weichtiere leben vornehmlich im Wasser, zumal im Meere; viele Schnecken sind zwar Landbewohner, bedürfen aber auch da einer gewissen Feuchtigkeit. Die Tintenfische erreichten in früheren Perioden der Erdgeschichte eine mächtige Entfaltung; die Tiere hatten wohlentwickelte Schalen, die in großer Zahl und Formenmannigfaltigkeit als Fossilien (Ammonshörner, Donnerkeile) erhalten sind.

Systematische Uebersicht.

Mollusca (Weichtiere).

I. Lamellibranchia (Muscheln). Ohne gesonderten Kopf. Fuß beilförmig. Mit zweilappigem Mantel und zweiklappiger Schale. Wasserbewohner. Anodonta (Süßwassermuschel).

II. Gastropoda (Schnecken). Mit fühlertragendem Kopfe. Fuß sohlenförmig. Mit ungeteiltem Mantel und einheitlicher, vorwiegend asymmetrischer Schale.

a. Prosobranchia. Das Herz mit vor der Kammer gelegenem Vorhof. Paludina (Sumpfschnecke).
b. Opisthobranchia. Das Herz mit hinter der Kammer gelegenem Vorhof. Meeresbewohner. Aeolis.
c. Pulmonata. Mit Lungen. Süßwasser- und Landbewohner. Helix (Weinbergschnecke).

III. Cephalopoda (Tintenfische). Kopf scharf abgesetzt, trägt Tentakel. Fuß trichterförmig. Meerestiere.
a. Tetrabranchia. Mit vier Kiemen. Nautilus.
b. Dibranchia. Mit zwei Kiemen. Octopus (Krake).

6. Stamm: **Die Stachelhäuter (Echinoderma).**

Die Stachelhäuter sind radiär und zwar in der Regel fünfstrahlig gebaute Tiere, deren Körpergestalt bald mehr oder weniger kuglig, bald walzenförmig und gestreckt, bald unter beträchtlicher Abplattung pentagonal oder sternförmig erscheint. Im letzteren Falle (Fig. 70) kommt der strahlige Bau am klarsten zum Ausdruck. Von einem centralen Stück gehen in gleichen Abständen fünf radiär gestellte und untereinander gleichartige Arme aus. Das centrale Stück trägt in der Mitte seiner Unterseite den Mund, ebenso auf der Oberseite den After; die Linie, welche Mund und After verbindet, stellt die Hauptachse dar, die, wie gerade bei den Seesternen, sehr verkürzt, aber auch beträchtlich



Fig. 70. Seestern. ir Interradius, r Radius, rk Radialkanal, sf Saugfüßchen.

verlängert sein kann (Seewalzen). Um die Hauptachse gruppieren sich die Arme als Radien und werden auch so bezeichnet, während die zwischen je zwei Radien gelegenen Körperbezirke Interradien genannt werden.

Die Echinodermen besitzen allgemein ein Hautskelett aus kohlensaurem Kalk, aber in sehr verschiedener Anordnung. In den einfachsten Fällen beschränkt sich die Skelettbildung auf isolierte, in der Haut verbleibende Kalkkörper, die der äußerlich nackt erscheinenden Körperhaut eine derbe lederartige Beschaffenheit verleihen. Meist indes werden Platten gebildet, die, in radiären Reihen angeordnet, entweder untereinander beweglich verbunden sind oder, der Beweglichkeit entbehrend, sich zu einer festen, schalenartigen Kapsel vereinigen. Sehr häufig tragen die Skelettplatten starre oder bewegliche Kalkstacheln von verschiedener Art und Größe, die zu der Bezeichnung unserer Tiere als Stachelhäuter geführt haben.

Am schärfsten charakterisiert die Echinodermen der Besitz des vornehmlich als Bewegungsapparat fungierenden Ambulakralsystems. Dasselbe (Fig. 71) stellt ein strahlig angeordnetes Röhrensystem dar, welches mittelst eines unpaaren Kanals, der, weil seine Wandungen von Kalkkrümel durchsetzt zu sein pflegen, Steinkanal genannt wird, mit dem umgebenden Medium in Verbindung steht. Der Steinkanal öffnet sich stets interradial und meist auf einer von feinen Poren durchbrochenen Skelettplatte, der sogen. Madreporenplatte, nach außen. Im Innern des Körpers mündet der Steinkanal in einen, den vorderen Abschnitt des Verdauungsrohres umgreifenden Ringkanal, welcher meist beutelförmige Anhänge (Poli'sche Blasen) trägt, stets aber fünf radiäre Gefäßstämme (Radialkanäle) entsendet, deren periphere Endigungen blind geschlossen sind. Die Radialkanäle geben in regelmäßigen,

sehr geringen Abständen paarige Seitenzweige ab, von welchen jeder einzelne einerseits einen im Körper verbleibenden blasenförmigen, Ampulle genannten Anhang trägt, andrerseits ein durch das Skelett nach außen hervortretendes schwellbares Säckchen besitzt, welches als Saug- oder Ambulakralfüßchen bezeichnet wird. Die letzteren Anhänge sind in der Regel an ihrem freien Ende mit einer Saugscheibe versehen und sehr kontraktil, so daß sie zu langen, dünnen Fäden ausgezogen werden können. Ueberhaupt sind die Wandungen des Ambulakralsystems, insbesondere auch die Ampullen reichlich von Muskeln durchzogen.

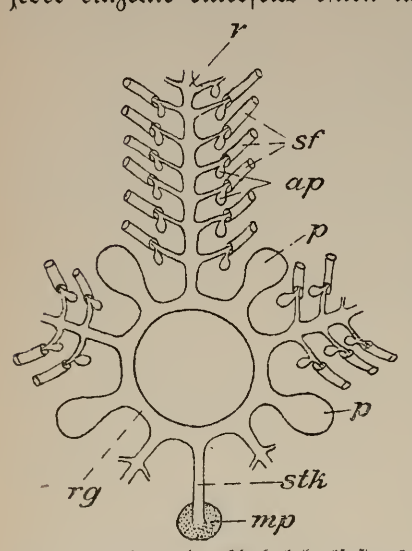


Fig. 71. Schema des Ambulakralsystems eines Seesterns. ap Ampullen, mp Madreporenplatte, p Poli'sche Blasen, r Radialkanal, rg Ringkanal, sf Saugfüßchen, stk Steinkanal.

Als Bewegungsorgan fungiert der geschilderte Apparat in der Weise, daß durch die Kontraktionen des Kanalsystems und der Ampullen das vom Steinkanal zugeführte Wasser in die Ambulakralfüßchen getrieben wird, die so zum Schwellen gebracht werden, sich ausdehnen und an festen Unterlagen ansaugen. Verkürzen sich nun die Ambulakralfüßchen, indem sie das erhaltene Wasser in das Kanalsystem zurückpressen, so ziehen dieselben den Körper des Tieres mit sich. Es leuchtet ein, daß bei derartig vermittelten Bewegungen die Ortsveränderung nur langsam vollzogen werden kann und dabei das Zusammenwirken zahlreicher Saugfüßchen in derselben Richtung nötig ist.

Der Anordnung des Ambulakralsystems folgen die meisten Organe, vor Allem das Nerven- und Blutgefäßsystem. Der Verdauungsapparat zeigt dagegen oft keine radiäre Architektonik, ist vielmehr häufig in Windungen aufgehängt oder in mehrere Schleifen gelegt. Die Mundöffnung ist nicht selten von besonderen Skelettstücken umgeben, die bei den Seeigeln einen als Laterne des Aristoteles bezeichneten komplizierten und mit fünf Zähnen bewaffneten Kauapparat formieren.

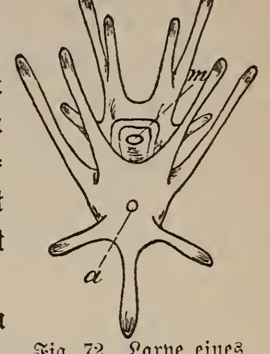


Fig. 72. Larve eines Stachelhäuters. a After, m Mund.

Die Entwicklung der Echinodermen erfolgt fast immer mittelst Metamorphose, die durch höchst eigentümliche Larvenformen (Fig. 72) ausgezeichnet ist. Dieselben bieten zunächst durch die Ausstattung mit lappen- oder stabförmigen, von Wimperschnüren besetzten Fortsätzen seltsame Gestalten dar, sind aber ferner durchaus bilateral-symmetrisch gebaut, eine Architektonik, die erst in der Metamorphose in den Strahltypus übergeführt wird. Diese auffällige Thatsache, sowie der Umstand, daß im Grunde selbst die anscheinend typisch strahligen Seesterne durch die asymmetrische Lage des Steinkanals und seiner Oeffnung eine in der Richtung der Bilateralität abgeänderte Architektonik aufweisen, haben Veranlassung gegeben, den Stamm der Echinodermen den Bilateralien einzuordnen und den annähernd radiären Bau dieser Tiere als sekundären Strahltypus dem der Radiaten gegenüberzustellen.

Die Stachelhäuter sind durchweg Meeresbewohner, die sich kriechend langsam fortbewegen, z. T. aber auch festsitzen.

Systematische Uebersicht.

Echinoderma (Stachelhäuter).

I. Asteroidea (Seesterne). Körper platt, pentagonal oder in 5 Arme ausgezogen. Skelett aus beweglich verbundenen Platten gebildet. Ambulakralfüßchen nur auf der Unterseite.

1. Stelleridea. Arme vom centralen Stück nicht abgesetzt. Darm mit Leberanhängen. Astropecten.
2. Ophiuridea (Schlangensterne). Arme vom centralen Stück deutlich abgesetzt. Darm ohne Leberanhänge. Ophiothrix.

II. Echinoidea (Seeigel). Körper mehr oder weniger kuglig. Skelett bildet eine feste Schale. Ambulakralfüßchen in der Regel auf Unter- und Oberseite.

1. Regularia. Körper kuglig. After in der Mitte der Oberseite. Echinus.
2. Irregularia. Körper herz- oder schildförmig. After interradial. Spatangus.

III. Holothurioidea (Seewalzen). Körper gestreckt, walzenförmig. Skelett aus isolierten, in der Haut verborgenen Kalkkörpern gebildet. Holothuria (Trepang).

7. Stamm: **Die Wirbeltiere (Vertebrata).**

Die höchste Stufe der tierischen Organisation repräsentieren die Wirbeltiere; ihr Bau entspricht in den Grundzügen dem unseres eigenen Körpers und ist uns dadurch vertrauter als der Organismus anderer Tiere. Allgemein zerfällt der Körper der Vertebraten (Fig. 73) in drei Abschnitte, die als Kopf, Rumpf und Schwanz unterschieden werden. Der Kopf beherbergt das Gehirn, trägt die wichtigsten Sinnesorgane, sowie Mund und Mundhöhle mit ihren Adnexen

(Lippen, Zunge, Kiefer, Zähne u. s. w.). Vom Kopf bis zum After erstreckt sich der Rumpf; er enthält die geräumige Leibeshöhle mit den in ihr gelegenen Organen (Eingeweide) und den Rückenmark genannten Teil des nervösen Centralorgans und ist in der Regel mit zwei, selten weniger, niemals aber mehr Paaren von Anhängen versehen, die als Gliedmaßen (Extremitäten) bezeichnet werden und bei den im Wasser lebenden Formen als Flossen vornehmlich zum Steuern dienen, bei den übrigen Wirbeltieren, bei welchen sie gegliedert sind, die Bewegungsorgane darstellen. Der Schwanz setzt sich

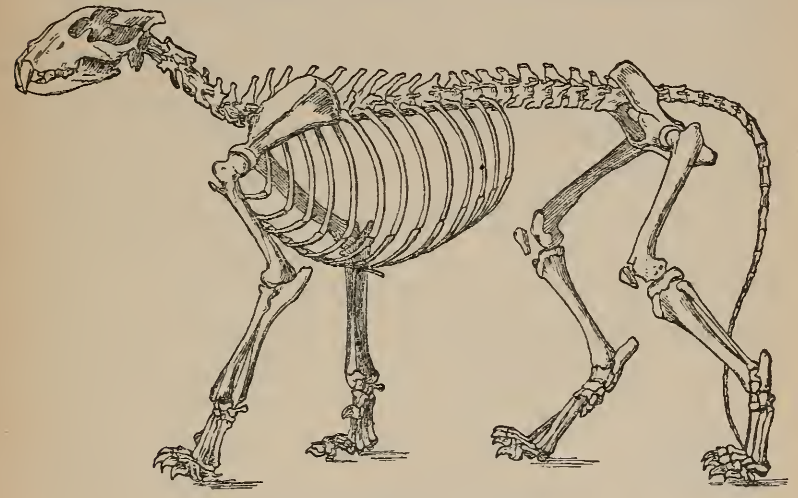


Fig. 73. Skelett des Löwen.

meist mehr oder weniger deutlich vom Rumpf ab, ist von sehr verschiedener Länge und wird zu mannigfaltigen Verrichtungen herangezogen. Nur bei den Fischen, deren Körper die angegebenen drei Regionen sehr wenig erkennen läßt, ist der hier stark muskulöse Schwanz für die Bewegung von großer Wichtigkeit. Bei den höheren Wirbeltieren macht sich innerhalb des Rumpfes eine weitere Regionenbildung geltend,

indem der vorderste Abschnitt als Hals zu oft bedeutender Länge sich entwickelt.

Das charakteristische Kennzeichen der Vertebraten-Organisation liegt zunächst in dem Besitz eines inneren gegliederten Achsenskeletts, welches bei den niederen Wirbeltieren dauernd aus Knorpel besteht, mit zunehmender Komplikation des Skeletts aber mehr und mehr verknöchert, wobei entweder der Knorpel einen knöchernen Ueberzug erhält oder das Knochengewebe an die Stelle des sich auflösenden Knorpels tritt. Den Ausgangspunkt für die Skelettbildung liefert ein dorsaler, vom Vorderende bis ans Hinterende sich erstreckender ungegliederter, elastischer Zellenstab, die Rückensaite (chorda), ein Organ, welches im Embryonalleben aller Wirbeltiere zur Entwicklung kommt, indes nur bei den einfachst gebauten Fischen dauernd erhalten bleibt, stets aber die Grundlage abgiebt, auf welche sich das Achsenskelett gewissermaßen niederschlägt.

Dieses entsteht im Umkreise der Chorda teils unter Mitwirkung, teils unter Beseitigung derselben aus einer mächtigen Bindegewebslage, die als skelettogene Schicht bezeichnet wird, und führt zur Ausbildung einer aus vielen, untereinander beweglich verbundenen, Wirbel genannten Elementen zusammengesetzten Skelettachse, der Wirbelsäule. Zahl und Form der Wirbel sind nicht nur bei den verschiedenen Wirbeltieren verschieden, sondern bieten auch am selben Tier innerhalb unterscheidbarer Regionen (Hals, Brust, Lenden, Becken, Schwanz) verschiedene Gestaltungen dar. Im Allgemeinen kann man an jedem Wirbel (Fig. 74) den Körper und ein diesem dorsal aufsitzendes Bogenpaar

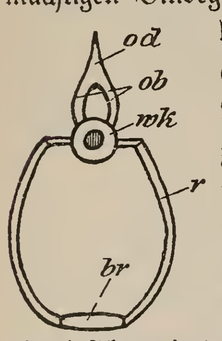


Fig. 74. Schema eines Wirbels. wk Wirbelkörper, ob obere Bogen, od oberer Dornfortsatz, r Rippe, br Brustbein.

(obere Bogen) unterscheiden, die meist fest miteinander verwachsen sind. Die beiden einander zustrebenden Bogenhälften können durch ein unpaares medianes Schlußstück (oberer Dornfortsatz) verbunden sein. Nicht selten, hauptsächlich allerdings nur in der Schwanzregion, pflegen die Wirbel auch auf der ventralen Seite mit analogen Bogen (untere Bogen) ausgestattet zu sein. Die aufeinanderfolgenden oberen Bogenpaare umschließen einen Längskanal, in welchem das Rückenmark eine geschützte Lage findet.

Außer den Bogen tragen die Wirbel fast immer noch andere paarige Fortsätze, die teils mit ihnen vereinigt bleiben, teils sich abgliedern. Einrichtungen der ersteren Art dienen hauptsächlich als Gelenkfortsätze zu mehr oder weniger beweglicher Verbindung der Wirbel untereinander, während die abgegliederten Fortsätze jederseits in weitem Bogen als Rippen den von den Atmungsorganen erfüllten Teil der Leibeshöhle umgreifen und bei den höheren Formen wenigstens ganz allgemein durch ein ventrales, Brustbein genanntes Skelettstück eine mediane Verbindung erhalten (Brustkorb). Rippen besitzen in der Regel nur die Wirbel der Brustregion, selten finden sie sich auch im Bereich der Halswirbel (Halsrippen). Bei den höheren Wirbeltieren vermittelt der vorderste Wirbel (atlas) die Verbindung mit dem Schädel und ist zu diesem Zwecke meist mit dem zweiten Wirbel (epistropheus) besonders gestaltet.

Der Schädel ist ursprünglich stets knorpelig, behält diese Beschaffenheit aber nur bei einfachen Formen bei, verknöchert vielmehr weiterhin in zunehmendem Maße und stellt bei den höheren Vertebraten eine aus vielen Knochenstücken zusammengesetzte Schädelkapsel dar, die das Gehirn als schützende Hülle umgiebt und in deren seitliche Wandungen die Gehör-

organe eingelagert sind, während nach vorne (Gesichtsteil des Schädels) Augen und Geruchsorgane in ihr Schutz und Stütze finden.

Mit dem Schädel verbindet sich in verschiedener Weise ein System paariger Bogen, die als Visceralskelett zusammengefaßt werden. Das vorderste Paar fixiert den Gesichtsteil und baut, in mehrere Skelettstücke aufgelöst, den Kiefer-Gaumenapparat auf, während das folgende Bogenpaar der Zunge als Stütze dient (Zungenbeinbogen). Dieses und die folgenden Bogenpaare, die als Träger der Kiemen (Kiemenbogen) bei den im Wasser lebenden Vertebraten eine hervorragende Rolle spielen, weiterhin aber im Zusammenhange mit der Entwicklung von Lungen mehr und mehr verkümmern, sind in die Wandung des Schlundes eingelagert.

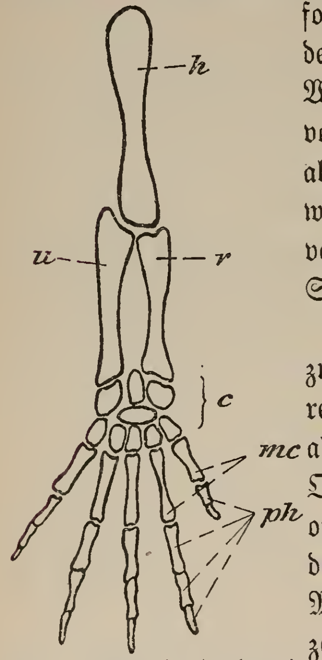


Fig. 75. Schema der (vorderen) freien Gliedmaße eines Wirbeltiers. h Oberarmknochen, r Speiche, u Elle, c Handwurzel, mc Mittelhand, ph Finger.

Schädel und Wirbelsäule bilden zusammen das Stammskelett. Während dieses in erster Linie dem Körper als Stütze dient und den edelsten Organen (Nervensystem und Sinnesorgane) mannigfachen Schutz gewährt, daneben aber nur in sehr beschränktem Maße Beziehungen zur Bewegung zeigt, präsentiert sich das Extremitätenskelett, zumal wenn wir von den Fischen absehen, als typisches Bewegungsorgan, wenngleich es auch in beträchtlichem Umfange dem Körper als Träger dient.

Man unterscheidet zwei Gliedmaßenpaare, ein vorderes und ein hinteres, von welchen bald das eine, bald das andere,

bald auch beide fehlen oder doch verkümmert sein können. An jeder Gliedmaße lassen sich zwei Abschnitte erkennen: ein dem Rumpfe angehöriger (Rumpfteil) und ein mit diesem beweglich verbundener, aber aus dem Rumpfe seitlich frei heraustretender (freie Gliedmaße). Der Rumpfteil der vorderen Gliedmaßen wird Schultergürtel, derjenige der hinteren Beckengürtel genannt. Jede Hälfte des ersteren besteht aus drei Skelettstücken: dem dorsalen Schulterblatt (scapula), dem ventralen Schlüsselbein (clavicula) und dem Rabenbein (coracoid), welchen am Beckengürtel in derselben Anordnung Darmbein (ileum), Schambein (pubicum) und Sitzbein (ischium) entsprechen. Die freie Gliedmaße besteht in ihrer typischen Ausgestaltung aus drei Abschnitten von verschiedenem Bau (Fig. 75), die, wie die nachstehende Zusammenstellung erkennen läßt, an der vorderen und hinteren Extremität wieder gleichartig sind.

A. Vordere freie Gliedmaße:
   1. Oberarm mit 1 Knochen (Oberarmknochen, humerus).
   2. Unterarm mit 2 Knochen (Speiche, radius und Elle, ulna),
   3. Hand:
      a. Handwurzel (carpus) mit meist 7 bis 9 Knöchelchen,
      b. Mittelhand (metacarpus) mit meist 5, oft weniger, niemals aber mehr Knochen, die in einer Querreihe angeordnet sind und
      c. Finger (digiti), in ihrer Zahl von den Mittelhandknochen bestimmt und je von 2 oder mehr Knochen (Phalangen) gebildet.

B. Hintere freie Gliedmaße:
   1. Oberschenkel mit 1 Knochen (Oberschenkelknochen, femur),

2. Unterschenkel mit 2 Knochen (Schienbein, tibia und Wadenbein, fibula),
3. Fuß:
   a. Fußwurzel (tarsus),
   b. Mittelfuß (metatarsus) und
   c. Zehen (digiti), gebaut wie die entsprechenden Abschnitte der vorderen freien Gliedmaße.

Es braucht nicht besonders bemerkt zu werden, daß die Ausbildung der Gliedmaßengürtel, sowohl im Rumpfteil, als in der freien Extremität, im einzelnen die mannigfaltigsten Verschiedenheiten (Flügel, Flosse) darbietet. Während der Schultergürtel in der Regel keine unmittelbare Verbindung mit der Wirbelsäule besitzt, ist dies beim Beckengürtel stets der Fall, indem ein, zwei oder mehrere Wirbel, die zu diesem Behufe besonders gestaltet sind (Sakralwirbel), mit dem Darmbein in Zusammenhang treten, eine Verbindung, die vielfach, wie besonders bei den Vögeln, zu einer vollkommenen Verwachsung führen kann. Dieses Verhalten ist dadurch bedingt, daß die hinteren Gliedmaßen, zumal der Vögel, deren vordere Extremitäten zu Flugorganen gestaltet sind, fast ausschließlich den ganzen Körper zu tragen und zu stützen haben und daher einer festen und unbeweglichen Verbindung mit dem Achsenskelett bedürfen.

Das Gliedmaßenskelett stellt selbstredend nur die passiven Teile des Bewegungsapparates dar, die von den mit ihnen verbundenen Muskeln zu gesetzmäßigen Lageveränderungen veranlaßt werden. Diese letzteren werden durch die Zusammensetzung des Skeletts aus einer Vielheit von Stücken, die in bestimmter Weise beweglich verbunden sind, bewirkt. Der Grad der Beweglichkeit hängt von der Vollkommenheit ab, mit welcher die Verbindung der Skelettstücke bewerkstelligt ist. In

den einfachsten Fällen werden die Skelettstücke durch Lagen weicheren Bindegewebes getrennt, die natürlich nur eine sehr unvollkommene Beweglichkeit gestatten. Ueberall sonst erfolgt die Verbindung der Skelettstücke gelenkig, aber in sehr verschiedener Art, die zur Unterscheidung verschiedener Gelenkformen (Roll-, Sattel-, Kugelgelenk u. s. w.) Anlaß gegeben hat.

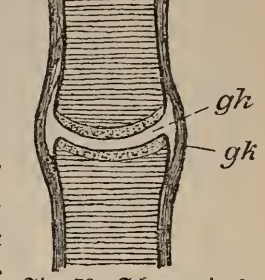


Fig. 76. Schema eines Gelenks. gh Gelenkhöhle, gk Gelenkkapsel.

Allgemein (Fig. 76) lassen benachbarte Skelettstücke einen schmalen, von flüssiger Substanz erfüllten Zwischenraum zwischen sich (Gelenkhöhle), in dessen Umkreise Bindegewebszüge, oft von beträchtlicher Festigkeit (Bänder), eine die Verbindung der Skelettstücke herstellende Kapsel (Gelenkkapsel) bilden. Die Skelettstücke selbst sind an den einander zugekehrten Enden von einer zarten Knorpellage bedeckt, vollkommen glatt und nicht von ebenen, sondern von gekrümmten Flächen in der Weise begrenzt, daß das konvexe Ende (Gelenkkopf) des einen Knochenstückes in die Konkavität (Gelenkpfanne) des anderen hineinpaßt.

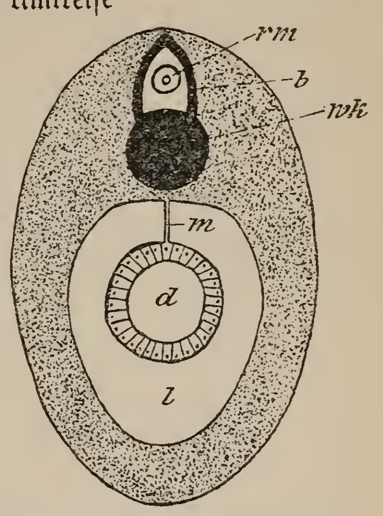


Fig. 77. Schema eines Querschnitts durch den Rumpf eines Wirbeltiers. rm Rückenmark, wk Wirbelkörper mit oberen Bogen (b), d Darm, l Leibeshöhle, m Aufhängeband des Darms (Mesenterium).

Neben dem inneren gegliederten Achsenskelett ist für die Wirbeltiere die konstante Lagebeziehung dreier wichtiger, den Rumpf durchziehender Organsysteme von charakteristischer

Bedeutung. Durchschneidet man ein Wirbeltier etwa in der Mitte des Rumpfes (Fig. 77), so findet man auf dem Querschnitt median übereinander die Durchschnitte dreier Organe: dorsal das Nervenrohr (Rückenmark), ventral das Verdauungsrohr und zwischen beiden das Achsenskelett, eine Lagerung, die durch den ganzen Rumpf dieselbe bleibt und bei keinem Wirbeltier eine Ausnahme erleidet.

Systematische Uebersicht.

Vertebrata (Wirbeltiere).

I. Pisces (Fische). Wechselwarm. Haut beschuppt. Schädel und Wirbelsäule unbeweglich verbunden. Gliedmaßen als paarige Bauch- und Brustflossen ausgebildet. Schwanz Organ der Bewegung, an welcher auch der Rumpf beteiligt ist. Atmen durch Kiemen.

1. Cyclostomi. Mund kreisrund. Haut nackt. Skelett knorpelig. Ohne Kiefer und ohne Gliedmaßen. Petromyzon (Neunauge).
2. Selachii. Mund schlitzförmig und quergestellt. Skelett knorpelig. Hierher die Haie und Rochen.
3. Teleostei. Skelett knöchern. Mit freien Kiemen und Kiemendeckel. Hierher die Hechte, Lachse, Barsche, Schellfische, Karpfen, Aale u. s. w.

II. Amphibia (Lurche). Wechselwarm. Haut nackt, drüsenreich. Ohne deutliche Halsregion. Skelett zum Teil knorpelig, zum Teil verknöchert. Beckengürtel mit 1 Wirbel verbunden. Entwicklung mit Metamorphose. Atmen in der Jugend durch Kiemen, dann durch Lungen.

1. Urodela. Gliedmaßen schwach entwickelt. Mit langem Schwanz. Hierher die Salamander und Molche.

2. Anura (Batrachia). Gliedmaßen wohl entwickelt, das hintere Paar stärker als das vordere. Ohne Schwanz. Hierher die Frösche, Kröten, Unken u. s. w.

III. Reptilia (Kriechtiere). Wechselwarm. Haut beschuppt oder gepanzert. Mit deutlicher Halsregion. Skelett knöchern. Beckengürtel mit 2 Wirbeln verbunden. Schwanz lang. Kiefer bezahnt. Atmen durch Lungen.

1. Saurii (Eidechsen). Stets mit Schultergürtel.
2. Ophidii (Schlangen). Ohne freie Gliedmaßen und ohne Schultergürtel. Zunge gespalten und vorstreckbar.
3. Chelonii (Schildkröten). Körper gedrungen. Mit Hautpanzer aus knöchernem Rücken- und Bauchschild. Kiefer zahnlos.
4. Loricata (Krokodile). Körper langgestreckt. Mit Hautpanzer aus — auf dem Rücken knöchernen — Schildern. Mit gekieltem Ruderschwanz. Wasserbewohner.

IV. Aves (Vögel). Eigenwarm. Haut befiedert. Skelett knöchern. Knochen der Schädelkapsel verwachsen. Halsregion enthält viele Wirbel. Vordere Gliedmaßen zu Flügeln ausgebildet. Brust-, Lenden- und Sakralwirbel verwachsen. Becken mit den Sakral-, Lenden- und Schwanzwirbeln verbunden. Schwanz kurz. Kiefer zahnlos, zum Schnabel umgestaltet. Legen Eier, die bebrütet werden.

V. Mammalia (Säuger). Eigenwarm. Haut behaart, drüsenreich. Skelett knöchern. Halsregion enthält 7 Wirbel. Becken mit dem aus der Verwachsung der Sakralwirbel entstandenen Kreuzbein verbunden. Gebären mit Ausnahme der Schnabeltiere (Ornithorhynchus) und Ameisenigel (Echidna), welche Eier legen, lebendige Junge, die mittelst des Sekretes der Milchdrüsen aufgesäugt werden.

Von der Entstehung der Tiere.

(Entwicklungslehre).

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die wichtigsten Thatsachen der Anatomie, Ontogenie und Systematik dargelegt. Wenn auch, soweit dies möglich war, auf den inneren Zusammenhang der mannigfaltigen Erscheinungen, welche das tierische Leben darbietet, hingewiesen wurde, so mußte unsere Darstellung doch mehr oder weniger den Charakter einer Beschreibung annehmen, weil die elementaren Faktoren außer Betracht gelassen wurden, welche diesen Thatsachen zu Grunde liegen. Daß dies geschah, hat einen einfachen Grund. Eine Auseinandersetzung über die Entstehung der Tierarten, welche die jetzt lebende Tierwelt und die fossilen, älteren Perioden der Erdgeschichte angehörigen Faunen zusammensetzen, hätte ohne vorherige Kenntnis der wesentlichsten zoologischen Thatsachen völlig in der Luft geschwebt. Ist es doch klar, daß eine Einsicht in den elementaren Zusammenhang der zoologischen Thatsachen überhaupt erst angebahnt werden konnte, als man über ein gewisses Maß von Kenntnissen hinsichtlich der Tiere verfügte, und daß ferner mit der Erweiterung dieser Kenntnisse auch jene Einsicht eine immer bessere werden mußte. Freilich, das Streben nach solcher Erkenntnis eilte oft auch hier dem Wissen voraus, denn der Mensch ist nach einem treffenden Ausspruche Lichtenbergs ein „rastloses Ursachentier.“ —

Die Tiere treten uns, wie wir sahen, zwar in den verschiedenartigsten Formen und Organisationszuständen entgegen, die Leistungen derselben sind aber bei jedem Individuum in der Hauptsache die gleichen: Die Bethätigung einer Reihe von Funktionen, deren Gesamtheit die Erscheinung des Lebens

ausmacht, wobei die Art dieser Bethätigung mit der Art der Organisation im engsten Zusammenhang steht. Demnach ist die Frage nach der Entstehung der tierischen Formenmannigfaltigkeit das Grundproblem der Tierkunde, zumal in morphologischer Hinsicht. Da die elementare systematische Einheit der Tiere durch die Art gegeben ist, so löst sich das bezeichnete Problem in die Frage nach der Entstehung der Arten auf.

Eine befriedigende, wenn auch naturgemäß keineswegs in allen Teilen endgiltig abgeschlossene Einsicht in dieses morphologische Grundproblem ist erst in unserem Jahrhundert durch den englischen Naturforscher Ch. Darwin (1809—1882) erschlossen worden.

Die als „Entwicklungslehre" bezeichnete Gesamtheit unserer heutigen theoretischen Vorstellungen von den Lebewesen umfaßt zwei verschiedene Theorien, die scharf auseinandergehalten werden müssen: Die Abstammungslehre (= Deszendenztheorie) und die Zuchtwahllehre (= Selektionstheorie). Die letztere stellt die Darwin'sche Lehre oder den Darwinismus dar, dessen ursprüngliche Fassung freilich seither entsprechend dem raschen Fortschritt, welchen die Zoologie in den letzten Decennien gemacht hat, in vielen Aufstellungen bereits eine Weiterbildung erfahren hat. Deszendenzlehre und Darwinismus sind wissenschaftliche Theorien und können als solche selbstredend nicht den Wert einer unmittelbar wahrnehmbaren Thatsache beanspruchen. Darüber sollte aber niemals vergessen werden, daß eine Theorie sich in dem Maße der Erkenntnis der Wahrheit nähert, in welchem sie die einschlägigen Thatsachen unserem Verständnis zu erschließen vermag.

1. Die Abstammungslehre.
(Deszendenztheorie.)

Um die Lehren der Deszendenztheorie klar zu machen, empfiehlt es sich, an menschliche Verhältnisse anzuknüpfen, die unserem Verständnis geläufig sind. Im menschlichen Gemeinschaftsleben bezeichnet man mit dem Ausdruck „Verwandtschaft“ einen auf Abstammung begründeten Zusammenhang mehrerer oder vieler Individuen. Dieser Zusammenhang bedeutet entweder eine Verbindung in gerader Linie aufsteigend von den Vorfahren zu den Nachkommen, oder in den Seitenlinien zwischen denjenigen Personen, welche sich von gemeinsamen Stammeltern herleiten. Darauf beruhen die Stammbäume großer und berühmter Geschlechter, deren Alter nicht selten Jahrhunderte der Menschheitsgeschichte umschließt. Dem Begriff Verwandtschaft liegt demnach im Menschenleben ein stammesgeschichtlicher (genealogischer) Zusammenhang zu Grunde.

Um das Wesen der Abstammungslehre zu verstehen, brauchen wir die gekennzeichnete Auffassungsweise nur auf das Tierreich mit der Maßgabe zu übertragen, daß wir an die Stelle der menschlichen Individuen die tierischen Arten setzen. Das zoologische System stellt dann nicht ein Nebeneinander von sieben Stämmen, die von einander unabhängig sind, dar, sondern einen einheitlichen gewaltigen Stammbaum, in welchem jede Spezies denjenigen Platz einnimmt, welcher ihr auf Grund ihrer stammesgeschichtlichen Beziehungen zukommt. Je nachdem in diesem Stammbaum zwei Arten, Gattungen, Familien u. s. w. einander näher oder ferner stehen, wird der Grad des genealogischen Zusammenhanges, also der Verwandtschaft zwischen denselben ein engerer oder entfernterer sein, gerade so, wie wir auch im menschlichen Leben verschiedene Stufen der Verwandtschaft unterscheiden.

Ein solcher, in der geschilderten Weise vermittelter Zusammenhang der Tiere unter einander ist natürlich nur dadurch ermöglicht, daß die Arten aus einander hervorgegangen sind und nicht unveränderliche, untereinander beziehungslose Bildungen darstellen. Aber noch ein Zweites folgt aus jenem Zusammenhange wie von selbst, daß nämlich die Arten, weil auseinander, auch nacheinander entstanden sind: die Tierarten, welche heute die Erdoberfläche bevölkern, sind die in einer geschichtlichen Entwicklung hervorgebildeten Nachkommen der vorausgegangenen Faunen.

Für diese Faunen gilt genau dasselbe, was wir von den einzelnen Stadien der Embryonalentwicklung aussagten: Jede besondere erdgeschichtliche Fauna ist die Ursache der ihr folgenden, selbst aber die Wirkung der ihr vorangegangenen, so daß die Entwicklung der Tierwelt einen zusammenhängenden, ununterbrochenen historischen Prozeß darstellt. Die Abstammungslehre legt also das geschichtliche Motiv der Erklärung der Tierwelt zu Grunde und erweist uns die letztere in ihrer mit den Bildungsepochen unseres Planeten korrespondierenden Aufeinanderfolge verschiedenartiger Faunen als das Ergebnis eines großartigen historischen Entwicklungprozesses, der mit der erstmaligen Entstehung tierischen Lebens anhub und in stetem Fortgange zu dem heutigen Zustande der Tierwelt hinführte. Dieser Prozeß hat sich nicht willkürlich, sondern, wie alles Naturgeschehen, nach natürlichen, festen und unabänderlichen Gesetzen vollzogen. Welcher Art die Faktoren sind, welche diese gesetzmäßige Entwicklung, die heute ebenso wie früher vor sich geht, bedingen, werden wir bei der Darlegung der Selektionstheorie zu erörtern haben.

Jede stammesgeschichtliche Betrachtung, und mag sie noch so verwickelt sein, leitet in letzter Auflösung zu einem unge-

mein einfachen Ursprung zurück. Auch die fast unendliche Mannigfaltigkeit der tierischen Lebewesen ist nicht auf einmal in's Leben getreten, sondern allmählich entwickelt worden, d. h. alle Tierarten, lebende wie fossile, stammen in letzter Linie von einer oder einigen wenigen ursprünglichen, zuerst aufgetretenen Arten ab. Wie dieselben entstanden sind, entzieht sich unserer Beurteilung; es ist aber, wie wir in der Folge sehen werden, eine wohlbegründete Vorstellung, wenn wir annehmen, daß dieselben von allereinfachstem Bau, etwa ähnlich dem des Wechseltierchens, gewesen sind.

Aus solch' unscheinbaren Anfängen hat sich die gesamte Tierwelt nach und nach hervorgebildet, von einfachen zu immer zusammengesetzteren Gestaltungen aufsteigend und damit einen steten Fortschritt bekundend, dessen Tragweite wir aus einem Vergleich der Amoebe oder eines Infusors mit dem hochkomplizierten Bau eines Wirbeltieres zu erkennen vermögen. Wohl müssen für einen solchen Entwicklungsprozeß Zeiträume in Anspruch genommen werden, welche menschlicher Vorstellung spotten, aber doch keineswegs größere, als der Geologe in der Bildungsgeschichte der Erde nachweist.

Die Abstammungslehre behauptet demnach, daß die Tierarten auseinander und nacheinander auf dem Wege einer natürlichen und vom Einfachen zum Zusammengesetzten fortschreitenden Entwicklung entstanden sind.

Fragen wir nun, wie man zu einer solchen Vorstellung von den Tieren gelangen konnte oder vielmehr, worauf sich dieselbe stützt, so lautet die Antwort darauf: Alle Thatsachen des Baues (Anatomie) und der individuellen Entwicklung (Ontogenie) sowie der erdgeschichtlichen Aufeinanderfolge der verschiedenen Faunen (Paläozoologie) weisen übereinstimmend und in unzweideutiger Weise auf eine stammesgeschichtliche

Hervorbildung der gesamten Tierwelt hin und finden durch diese, deren Ausdruck die Deszendenztheorie ist, und nur so, eine natürliche und befriedigende Erklärung. Darin liegt die überzeugende Beweiskraft für die Richtigkeit der Abstammungslehre, die heutigen Tags daher auch Gemeingut der zoologischen Wissenschaft geworden ist.

Es kann nicht die Aufgabe dieses Büchleins sein, den empirischen Beweis der Abstammungslehre zu bieten; dazu bedürfte es einer eingehenden Darlegung der Thatsachen der Anatomie, Ontogenie und Paläozoologie, die hier selbstredend nicht gegeben werden kann. Nur die Art jener Beweisführung muß in Kürze erläutert werden, um den Sinn und Wert der Deszendenztheorie einigermaßen verständlich zu machen. Zu diesem Zwecke wollen wir entsprechend den drei ebengenannten Disziplinen auch drei Beweisgruppen, die anatomische, die ontogenetische und die paläozoologische, unterscheiden und gesondert betrachten, freilich uns dabei aber auch immer vor Augen halten, daß diese Beweisgruppen in einander übergreifen, sich bedingen und ergänzen und in ihrer Gesamtheit erst die volle Beweiskraft zu entfalten vermögen.

a. Die anatomische Beweisgruppe.

Der Bau der Tiere bietet, wie wir sahen, sehr verschiedenartige Befunde dar, dabei aber doch Uebereinstimmungen verschiedenen Grades, welche die Aufstellung einer systematischen Gruppierung der Tiere nach Stämmen, Klassen, Ordnungen u. s. w. ermöglichen. Diese Thatsache erscheint völlig unverständlich, wenn die einzelnen Tierarten unabhängig von einander bestehen sollen, sie ist aber nicht nur an sich, sondern auch in der besonderen Form, in welcher sie im Tierreich zu Tage tritt, unserem Verständnis zugänglich, sobald die

anatomischen Uebereinstimmungen im Sinne der Abstammungslehre als stammesgeschichtliche betrachtet, d. h. die Arten als auf dem Wege der Abstammung (Deszendenz) aus einander entstanden gefaßt werden. Dann stellen jene Uebereinstimmungen einfach die von der Stammform ererbten Charaktere vor, welche als gemeinsames Merkmal den aus ihr hervorgegangenen Arten mitgegeben wurden. Wenn wir z. B. beim Fisch, Lurch, Reptil, Vogel und Säuger das gemeinschaftliche Merkmal eines als Wirbelsäule sich präsentierenden Achsenskelettes vorfinden, so ist diese Uebereinstimmung der Angehörigen der fünf Wirbeltierklassen als stammesgeschichtlicher Charakter durch die Annahme eines für die Wirbeltiere einheitlichen Ursprunges aus einer Stammform, von welcher sie den Besitz der Wirbelsäule ererbt haben, auch vollkommen begreiflich. Dazu kommt noch, daß nichts im Tierreich — wie in der Natur überhaupt — unvermittelt und zusammenhanglos in Erscheinung tritt, sondern überall Beziehungen walten, die von einem Zustande in einen andern hinüberführen. Dies gilt nicht nur von den systematischen Kategorien als solchen, sondern auch von den einzelnen anatomischen Merkmalen, welche die ersteren charakterisieren: Ueberall sind verbindende Uebergänge vorhanden.

Die sieben Stämme selbst, welche wir im Tierreich unterschieden, machen davon keine Ausnahme, denn in jedem derselben stoßen wir auf Formen, die gewissermaßen schon mit einem Fuße in einem anderen Stamme stehen und dadurch bekunden, daß die solche Beziehungen zu einander zeigenden Stämme in einem genealogischen Zusammenhang sich befinden. Derartige Tierformen sind für den Systematiker naturgemäß sehr unbequem, denn sie stören die Klarheit und Genauigkeit der Begriffsbestimmung der systematischen

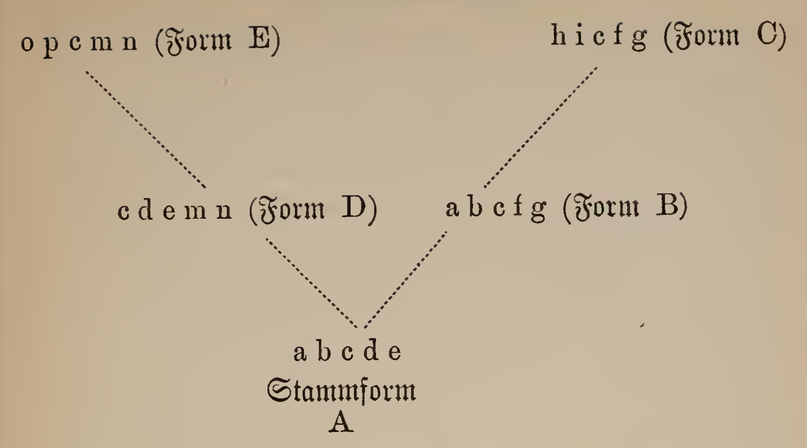
Kategorien, denen sie sich als Uebergangsformen nicht fügen, und werden daher je nach dem subjektiven Ermessen im System bald dahin, bald dorthin gestellt. Aber selbst die allgemeinste Unterscheidung der Tiere in Protozoën und Zellentiere verliert im Lichte der Abstammungslehre ihre Schärfe, denn beide Abteilungen sind durch Uebergangsformen, die uns sogar noch den Weg andeuten, welchen die Hervorbildung der Metazoën aus den Urtieren genommen hat, mit einander genealogisch verknüpft. Daraus resultiert ein allgemeiner stammesgeschichtlicher Zusammenhang aller Tiere, dessen bildlicher Ausdruck indes nicht etwa durch eine gerade Linie von der Amoebe bis zum Säuger gekennzeichnet wird, sondern einem weitverzweigten mächtigen Baume gleicht, wie ihn die nachstehende Darstellung erkennen läßt.

Daß die stammesgeschichtliche Anordnung der Stämme und ihnen folgend diejenige der untergeordneten systematischen Kategorien bis zur Spezies herab sich immer zu einer baumförmigen Gruppierung gestaltet, ist durch die besondere Art bedingt, in welcher die Mischung der anatomischen Merkmale bei den verschiedenen Tieren zu Tage tritt. Wir nehmen z. B. an, wir hätten nach ihren verwandtschaftlichen Beziehungen, also gemäß ihrer anatomischen Uebereinstimmungen fünf verschiedene Tierformen anzuordnen, und jede derselben wäre durch fünf Merkmale charakterisiert, die wir in der folgenden Darstellung einfach durch Buchstaben ausdrücken wollen:

Form A mit den Merkmalen a b c d e
„ B „ „ „ a b c f g
„ C „ „ „ h i c f g
„ D „ „ „ c d e m n
„ E „ „ „ o p c m n.

Nun ist leicht einzusehen, daß von diesen fünf, durch das gemeinsame Merkmal c verbundenen Tierformen aus der Form A als Stammform die vier anderen und zwar in einer nach zwei verschiedenen Richtungen, einerseits nach den Merkmalen f g h i andererseits, entsprechend den Merkmalen m n o p auseinanderweichenden Entwicklung abzuleiten wären, demnach dem bildlichen Ausdruck der Verwandtschaftsbeziehungen dieser Tierarten die nachstehende Gestaltung gegeben werden müßte (siehe nebenstehende Stammform).

Unser angenommenes Beispiel ist keineswegs gekünstelt und etwa zweckmäßig zugeschnitten, sondern entspricht den thatsächlichen Verhältnissen in der Tierwelt, nur daß in diesen die entscheidenden Faktoren nicht gerade immer so klar liegen, wie dies in unserem Beispiel der Fall ist, weil sie in Wirklichkeit viel zahlreicher und von verwickelterer Natur zu sein pflegen.



Aus dem bereits Gesagten folgt eigentlich von selbst, daß auch die einzelnen charakterisierenden Merkmale im Bau der Tiere nicht plötzlich bei dieser oder jener Tierart in Erscheinung getreten, sondern allmählich zur Ausbildung gelangt sein müssen. Die Grundlage der Wirbelsäule der Wirbeltiere z. B. bildet die Rückensaite (Chorda), welche nur bei den niedersten Formen des Wirbeltierstammes, gewissen Fischen wie den Neunaugen, als Achsenorgan dauernd erhalten bleibt. Dieser Chordastab ist aber nicht eine bei den Vertebraten unvermittelt auftretende Bildung, sondern findet sich auch bei einer sehr eigenartigen Gruppe von Meeresgeschöpfen, den sog. Manteltieren, wenngleich nur als vorübergehendes Larvenorgan, welches in der Metamorphose dieser Tiere vollständig zurückgebildet wird, so daß die ausgebildete Form nichts mehr davon erkennen läßt. Dadurch bieten die Manteltiere auch ein gutes Beispiel für solche schon früher erwähnte Uebergangsformen, welche im System keine feste Stellung gewinnen können: bald werden sie mit Rücksicht auf die vorhin bezeichnete Uebereinstimmung mit den Wirbeltieren zu einem Stamm der Chordatiere (= Chordata) vereinigt, bald wieder wegen ihres im Uebrigen

von dem der Vertebraten ganz verschiedenen Baues als selbständiger Stamm betrachtet, bald endlich zu den Würmern gestellt, die allen Bilateraltieren den Ursprung gegeben zu haben scheinen und seit Langem eine Art systematischer Rumpelkammer darstellen, in die man alles bringt, was man sonst nirgend schicklich einreihen kann.

Von besonderem Interesse, übrigens nicht bloß für die Abstammungslehre, ist eine Gruppe von anatomischen Merkmalen, die unter dem Namen „rudimentäre Organe“ zusammengefaßt werden. Es sind das Organe oder Teile von solchen, welche, obwohl sie mehr oder weniger ausgebildet sind, doch niemals in Funktion treten. Derartiger Vorkommnisse gibt es im Tierreich eine große Zahl. Als Beispiele seien hier nur die bei vielen und sehr verschiedenen, unter der Erde, in Höhlen und Grotten oder doch im Dunkeln lebenden Tieren (Würmer, Gliederfüßler, Weichtiere und Wirbeltiere liefern Formen dieser Art) vorhandenen Augen genannt, welche aber keine Sehfunktion mehr ausüben oder zu einer solchen überhaupt nicht mehr befähigt sind. Weiterhin sei an die schlangenähnlichen Eidechsen erinnert, die, wie unsere harmlose und nützliche, aber so häufig ungerecht verfolgte Blindschleiche, zwar keine Extremitäten, wohl aber die als Träger derselben dienenden Skelettteile, Schulter- und Beckengürtel besitzen, welch' letztere daher wenigstens in dieser Beziehung funktionslos sind. Auch bei den Schlangen selbst finden wir noch Rudimente dieser Teile, ja, man kann eine Reihe von Reptilienformen zusammenstellen, die in stufenweiser Rückbildung von den flinken vierbeinigen Eidechsen zu den völlig extremitätenlosen Schlangen hinführen. Daraus folgt schon, daß der Grad der Ausbildung, welche ein rudimentäres Organ zeigt, mannigfachen Schwankungen unterliegen kann, je nach

der Rückbildung — Verkümmerung —, welche dasselbe erfahren hat.

Die Thatsache der Existenz rudimentärer Organe und die graduell differenten Befunde, welche diese Organe darbieten, werden durch die Abstammungslehre — und nur durch diese — vollkommen befriedigend erklärt. Stellen wir uns vor, daß die Abkömmlinge einer Stammart aus äußeren Gründen genötigt wurden, die Lebensweise der letzteren aufzugeben und eine andere anzunehmen, so war es gar nicht zu umgehen, daß die neue Lebensführung der Deszendenten das eine oder andere Organ außer Funktion setzte und so wertlos machte. Höhlentiere z. B., die in dunklen Grotten hausen, in welche kein Lichtstrahl einzudringen vermag, haben für die von ihren Vorfahren, denen diese Lebensweise fremd war, ererbten Sehorgane naturgemäß keine Verwendung. Organe, die nicht gebraucht werden, fallen aber erfahrungsgemäß allmählicher Verkümmerung anheim. Wir haben also in den rudimentären Organen ungemein beweiskräftige Merkmale eines genealogischen Zusammenhanges der Tierformen vor uns.

Der Grad ihrer Rückbildung gibt uns einen ungefähren Maßstab für ihr stammesgeschichtliches Alter, denn je früher der Wechsel der Lebensweise stattfand, desto weiter wird auch die Verkümmerung des durch diesen Wandel funktionslos gewordenen Organs vorgeschritten sein. Des Weiteren geben uns die rudimentären Organe nicht selten bedeutungsvolle Fingerzeige, in welcher Richtung sich die Entwicklung vieler Arten vollzogen hat.

Neben dieser stammesgeschichtlichen Bedeutung der rudimentären Organe haben dieselben aber auch noch in allgemeinerer Hinsicht eine hervorragende Wichtigkeit. Wir sind aus unserem eigenen Leben, in welchem wir alles nach Zwecken

ordnen, geneigt, auch in den Dingen und dem Geschehen außer uns dieselbe Ordnung zu erblicken, und glauben dazu umsomehr berechtigt zu sein, als thatsächlich in dem Walten der Natur eine weitgehende Zweckmäßigkeit nicht zu verkennen ist. Wir werden in der Folge sogar sehen, daß eine solche Zweckmäßigkeit in der Tierwelt bestehen muß, weil sie ein notwendiges Produkt der Entwicklung ist, welche dieselbe genommen hat. Das darf aber nicht zu der Annahme verleiten, daß das Naturgeschehen nach Zweckrücksichten geordnet sei. Gerade die rudimentären Organe widerlegen eine derartige Auffassung, denn sie haben keine Funktion und damit auch keinen Zweck, ja sind gelegentlich sogar recht unzweckmäßige Einrichtungen, weil sie zu Schädigungen Veranlassung geben, die selbst das Leben des Trägers bedrohen können. —

Die Thatsachen des tierischen Baues finden demnach durch die Theorie der Abstammung in natürlicher Weise ihre Erklärung und sind dadurch ebensoviele Beweise für die Richtigkeit dieser Lehre. Alle anatomischen Merkmale sind daher als ererbte, genealogische aufzufassen, ausgenommen selbstredend die individuellen, da diese ja nur Besonderheiten einzelner Individuen vorstellen. Wir können also kurz sagen: Der Bau einer tierischen Spezies ist das Ergebnis der stammesgeschichtlichen Entwicklung (= Phylogenie) derselben. Damit sollen natürlich nicht alle Merkmale dieses Baues als gleichwertig bezeichnet werden, vielmehr werden wir, wie nach der geschichtlichen Hervorbildung der Arten selbst, auch bei jenen ältere und jüngere zu unterscheiden und dadurch den genealogischen Wert derselben zu bestimmen haben: Die Wirbelsäule eines Vogels wird beispielsweise als ein viel älterer stammesgeschichtlicher Charakter dieses Tieres als das Federkleid desselben zu gelten haben.

Und nicht nur auf die Organe als solche kommt es dabei an, sondern auch auf die Ausgestaltung jedes Einzelnen derselben in dem Sinne, daß innerhalb des Verbreitungsgebietes eines Organs weiterhin noch der Grad der Ausbildung desselben in den verschiedenen systematischen Gruppen in Betracht zu ziehen ist. Gewiß ist beispielsweise die Wirbelsäule das stammesgeschichtlich wertvollste Organ der Vertebraten, aber der Bau desselben in den einzelnen Klassen und Ordnungen dieses Tierstammes stellt eine fortschreitende Vervollkommnung von einem sehr indifferenten Zustande bis zu dem hochkomplizierten knöchernen Achsenskelett eines Säugers dar.

b. Die ontogenetische Beweisgruppe.

So verschieden sich auch, entsprechend der Verschiedenartigkeit der fertigen Formen, die Ontogenie der Tiere gestaltet, überall zeigt sie doch einen gemeinsamen Ausgangspunkt, die Eizelle; überall auch erzeugt diese durch fortgesetzte Teilung (Furchung) eine einschichtige Keimblase (Blastula), aus welcher nicht minder allgemein die zweischichtige Gastrula hervorgeht. Von da ab schlägt zwar die Embryonalentwicklung der einzelnen Tierarten mannigfach verschiedene Richtungen ein, bietet dabei aber innerhalb größerer oder kleinerer systematischer Gruppen immer noch vielfach übereinstimmende Gestaltungen dar. Insbesondere ist es die Ausbildung von Larvenformen, welche oft für ganze Klassen, ja selbst Stämme (Echinodermen) charakteristische Gestaltungen zeigen und in ihren wesentlichen Merkmalen auch bei denjenigen Arten solcher Tiergruppen als vorübergehende Embryonalformen vorkommen, welche ohne Metamorphose sich direkt zum fertigen Tier entwickeln. Endlich haben wir die merkwürdigen Parallelen kennen gelernt, welche ein Vergleich fertig ausgebil-

deter Tierformen mit embryonalen Zuständen anderer Tiere aufzeigt.

Es ist gewiß kein Zufall, daß die Thatsachen der Ontogenie, wenn wir sie vom Standpunkte der Abstammungslehre betrachten, im Wesentlichen zu denselben Aufstellungen führen, welche die vergleichende Untersuchung des Baues ermittelt: Die embryologischen Thatsachen sind wie die anatomischen stammesgeschichtlicher Natur. Allerdings bedarf dieser Satz, wie wir sehen werden, einer kleinen Einschränkung, welche aber die Hauptsache unberührt läßt.

Betrachten wir zunächst die allen Tieren gemeinsamen Merkmale der Embryonalentwicklung, so läßt sich die Eizelle mit dem Urtierchen vergleichen, dessen Bau ja den Formwert einer Zelle repräsentiert, während die Blastula mit gewissen Tierformen, welche die Protozoën mit den Zellentieren verbinden, übereinkommt; die Gastrula entspricht in allen wesentlichen Charakteren dem Bau der Polypen. Die elementaren Entwicklungsstadien der Metazoën zeigen demnach ähnliche Beziehungen zu fertigen Tierformen, wie sie in den oben zuletzt genannten Parallelen als Uebereinstimmungen oder doch weitgehende Annäherungen von Embryonalzuständen an ausgebildete Tiere sich nachweisen lassen, wenn auch oft nur hinsichtlich einzelner Organe oder Organteile.

Die Entwicklung der Wirbelsäule bei den höheren Klassen der Wirbeltiere wiederholt in unverkennbarer Weise Formzustände, welche in den niederen Gruppen dieses Stammes die Stufe der fertigen Ausbildung darstellen, so daß wir die Stammesgeschichte der Wirbelsäule aus dem embryonalen Geschehen unter stetem Vergleich mit den Befunden an fertigen Tieren ableiten können. Die Gesetzmäßigkeit in der Fülle all' dieser wichtigen Thatsachen hat in dem als „biogenetisches

Grundgesetz" bezeichneten Satze bestimmten Ausdruck gefunden: Die Ontogenie ist eine kurze Wiederholung der Stammesgeschichte (Phylogenie) jeder Spezies. Dem entsprechend bezeugt die Gastrula als gemeinsame Embryonalform aller Zellentiere einen einheitlichen Ursprung dieser letzteren, und zwar aus irgend welchen Urtieren — ein genealogischer Zusammenhang, welcher im Stadium der Eizelle wiederholt wird. Die ursprünglichsten Metazoën entwickelten sich weiterhin nach zwei Richtungen, einerseits zu den radiär gebauten Tieren, andrerseits zu den Bilateralien, welch' letztere wahrscheinlich wurmartige Geschöpfe waren, die unmittelbar den Stamm der Würmer hervorgehen ließen, aus dem erst mehr oder weniger mittelbar die übrigen Stämme der Bilateralien sich herleiten. So führen auch die Thatsachen der Entwicklungsgeschichte zu der Vorstellung, daß der gesamten Tierwelt ein allgemeiner stammesgeschichtlicher Zusammenhang zu Grunde liegt.

Obwohl nach dem Gesagten die Ontogenie der Tiere einen bestimmten Einblick in die Phylogenie derselben gewährt, ist dies doch nicht so zu verstehen, als ob die ganze Embryonalentwicklung eines Tieres lediglich eine Wiederholung seiner stammesgeschichtlichen Entwicklung wäre und jede ontogenetische Phase einer Vorfahrenform dieses Tieres entspräche. Daß eine solche Vorstellung irrig wäre, lehrt eine einfache Ueberlegung. Wenn eine Tierart neuen Arten den Ursprung gibt, so kann dies nur durch Ausbildung neuer und wohl auch gleichzeitige Rückbildung alter ererbter Merkmale erfolgen. Dann muß auch die von den Vorfahren überkommene Embryonalentwicklung entsprechend den neuen Verhältnissen eine Abänderung erfahren, welche, da die aufeinanderfolgenden Stadien jener Entwicklung unter einander in einem ursächlichen

Zusammenhang stehen, nicht ein einzelnes Stadium allein betreffen kann, sondern auf den ganzen Ablauf der Ontogenie sich erstrecken muß. Hierin liegt ein die Erkenntnis der in der individuellen Entwicklung zu Tage tretenden stammesgeschichtlichen Züge sehr erschwerendes Moment, weil dadurch die Klarheit der letzteren verwischt wird.

Noch deutlicher tritt dieses Verhalten bei der Entwicklung mittelst Larven hervor. Wir unterschieden bereits früher an den Larven zweierlei Charaktere: spezifische Merkmale und solche, welche sich auch im Embryonalleben nächstverwandter Formen mit direkter Entwicklung vorfinden, eine Unterscheidung, welche wir jetzt leicht rechtfertigen können, indem wir die ersteren als selbständige Erwerbungen der Larven betrachten ohne phylogenetische Bedeutung, während die letzteren die von den Stammformen ererbten Charaktere darstellen. Hier liegt die Einschränkung, die wir oben dem Satze anfügten, daß alle embryologischen Thatsachen stammesgeschichtlicher Art seien. Wenn wir der Gastrula als Larvenform begegnen, sehen wir ihr Ektoderm mit einem Flimmerkleid bedeckt, dessen Thätigkeit die freie Beweglichkeit der Larve im Wasser vermittelt; es ist ein Bewegungsorgan für das Larvenleben, eine spezifische Bildung, die keine genealogische Bedeutung besitzt. Dasselbe gilt von dem Saugnapf und Hornschnabel der Froschlarve, von welchen schon die Rede war. Es leuchtet ein, daß auch derartige, im Larvenleben und für dasselbe gewonnene Einrichtungen abändernd auf den Gang der Embryonalentwicklung einwirken und die ursprünglichen stammesgeschichtlichen Züge derselben modifizieren müssen.

Deshalb ist es auch sehr schwierig, festzustellen, welche von den Merkmalen einer Larve ererbt und welche spezifischer Natur sind, was umsomehr ins Gewicht fällt, als die

Entwicklung mittelst Metamorphose, abgesehen von ihrer weiten Verbreitung im Tierreich, wohl die ursprünglichere Entwicklungsweise darstellt, jedenfalls aber für die Aufdeckung genealogischer Beziehungen wertvoller ist als die direkte Entwicklung. Die Beurteilung der Larven im Hinblick auf ihre stammesgeschichtliche Bedeutung gehört daher zu den wichtigsten Aufgaben der Abstammungslehre. Wir sind übrigens imstande, auf Grund der Larvenbildung bedeutsame phylogenetische Zusammenhänge verhältnismäßig leicht aufzuzeigen, zumal dort, wo die Larven unmittelbar mit fertigen Formen in Vergleich gesetzt werden können. Wo dies nicht möglich ist, müssen wir uns freilich an einzelne, besonders hervorstechende Charaktere halten und prüfen, ob und inwieweit diesen ein stammesgeschichtlicher Wert zukommt.

Denn auch dies haben die embryologischen mit den anatomischen Thatsachen gemein, daß sie graduell verschiedenwertig sind, je nachdem sie älteren oder jüngeren Ursprungs sind. Zwei Beispiele sollen dies erläutern: die Larven der Stachelhäuter und diejenige der Krebse, die das Gemeinsame haben, daß keine von beiden irgendwie auf ein fertiges Tier bezogen werden kann.

Die Larven der Echinodermen sind in ihrer bizarren Gestalt eine sehr charakteristische Erscheinung, an welcher der ersten Betrachtung gerade das als Hauptsache erscheint, was lediglich spezifische Larveneinrichtungen darstellt. Die eigentümlichen stabförmigen Fortsätze des Körpers, welche der hier gedachten Larvenform (Pluteus) (Fig. 72) die Gestalt einer Malerstaffelei verleihen, und die ihnen folgenden Wimperschnüre sind spezifische Larvenorgane, die der Larve zur Bewegung im Wasser dienen und in der Metamorphose vollkommen verloren gehen. Sehen wir aber eine solche Larve

genauer an, so erkennen wir, daß sie durchaus bilateral-symmetrisch gebaut ist, eine Architektonik, welche erst im Laufe der weiteren Entwicklung in die radiäre übergeführt wird, die für das ausgebildete Tier charakteristisch ist. Wir schließen aus diesem Befund, da er allen Larvenformen der Echinodermen gemeinsam ist, daß die Stammformen dieses Tierstammes bilateral-symmetrisch gebaut waren, in ihren Deszendenten diese Architektonik aber verloren haben und nur noch in den Larven zu vorübergehendem Ausdruck bringen. Deshalb ist es gerechtfertigt, daß man die Stachelhäuter nicht mehr, wie es früher geschah, zu den Radiärtieren, sondern zu den Bilateralien stellt.

Anders steht es mit der Larve der Krebse, dem Nauplius. Dieser bietet auch nicht ein einziges Merkmal dar, das stammesgeschichtlich verwertbar wäre, ist vielmehr eine erst von den Stammformen der Krebse selbständig ausgebildete Eigentümlichkeit. Trotzdem wäre es verfehlt, die typische Krebslarve als phylogenetisch wertlos zu erachten, denn durch die allgemeine Verbreitung derselben unter den Krebstieren wird dargethan, daß diese letzteren einheitlichen Ursprungs sind, und der Besitz einer Naupliuslarve oder einer dieser entsprechenden Embryonalform die Zugehörigkeit zur Klasse der Krebse fraglos macht.

Es bedarf keiner weitläufigen Erörterung, um zu erkennen, wie sehr verschieden die stammesgeschichtliche Bedeutung der beiden besprochenen Larvenformen ist.

c. Die paläozoologische Beweisgruppe.

Wenn die heutige Tierwelt sich aus der ihr vorausgegangenen entwickelt hat, die Tierarten zu verschiedenen Zeiten der Erdgeschichte aus einander hervorgegangen sind, so muß

diejenige Disziplin, welche sich mit der fossilen Tierwelt befaßt, die Paläozoologie, die stammesgeschichtliche Entstehung der Tiere uns unmittelbar vor Augen führen und so in besonderem Maße einen Prüfstein für die Giltigkeit der Deszendenztheorie abgeben. Sehen wir zu, ob und inwieweit dies der Fall ist.

Die Kenntnis der vorweltlichen Tiere gründet sich auf die versteinerten Tierreste, welche in den aufeinanderfolgenden Schichten der Erdoberfläche erhalten sind. Der Umstand, daß im Allgemeinen nur Tiere mit Hartgebilden (Skelette) und da eben nur die letzteren als Fossile erhaltungsfähig waren, bedingt eine unvermeidliche Lückenhaftigkeit des überlieferten Materials, die noch dadurch erhöht wird, daß die auf Ermittelung der fossilen Tierwelt gerichteten Forschungen erst einen sehr kleinen Teil der Erdrinde zu untersuchen vermochten. Trotz dieser der Natur des Gegenstandes anhaftenden Unvollkommenheit hat die Paläozoologie (Zoopaläontologie) zahlreiche Thatsachen festgestellt, welche in gleicher Weise, wie die vorher besprochenen, höchst wertvolle Bestätigungen der Theorie der Abstammung erbringen.

Nach den Lehren der Geologie sind die die Erdrinde zusammensetzenden Gesteinsschichten allmählich nach einander gebildet worden, also von verschiedenem Alter, und werden demgemäß als Formationen unterschieden. Die Einschlüsse an fossilen Tierresten, welche dieselben enthalten, sind daher ebenfalls, und zwar entsprechend dem Alter der betreffenden Formationen, auf zeitlich verschiedene Faunen zu beziehen. So sprechen wir von einer Kreidefauna und meinen damit die Gesamtheit der Tierformen, welche in der geologischen Epoche der Kreideformation die Erdoberfläche bevölkerte. Die der geologischen Aufeinanderfolge der Formationen parallele

Untersuchung der fossilen Tierwelt ergibt nun ein klar erkennbares Fortschreiten von einfacheren zu komplizierteren Tierformen, je weiter wir aus den älteren Gesteinsschichten zu den der Gegenwart sich nähernden Formationen aufsteigen. Wir lernen dabei längst ausgestorbene Tiergeschlechter kennen, die einst eine mächtige Entfaltung, eine Blüteperiode hatten, wie z. B. die eigenartige Krebsgruppe der Trilobiten, welche zu den ältesten Tieren gehören, die wir fossil überhaupt nachweisen können. Eines der schönsten Beispiele der allmäligen historischen Entwicklung der Tiere vom Einfachen zum Zusammengesetzten bieten die Wirbeltiere. Während die Spuren der ersten Fische bis in die silurische Formation zurückreichen und diese Tiere im darauffolgenden Devon bereits eine starke Entfaltung erlangen, treten die Amphibien erst in der Kohlenformation auf und gehen rasch ihrer Blüteperiode entgegen, während welcher die Reptilien folgen, die im Jura und in der Kreide ihre Glanzzeit durchlaufen, geologischen Perioden, in welche wieder die ersten Anfänge der Vögel und Säugetiere fallen, die in der Folge bis zur Gegenwart eine fortschreitende Ausbildung erfahren.

Auch innerhalb der einzelnen Abteilungen der Wirbeltiere wiederholt sich dasselbe Bild einer fortschreitenden historischen Entwicklung: Die vollkommeneren Formen, deren komplizierter Bau eine höhere Stufe der Organisation darstellt, erscheinen später als die einfacheren. Diese Thatsachen sind unter der Formel eines stammesgeschichtlichen Zusammenhanges der Tierwelt nicht nur ohne Weiteres verständlich, sondern für eine solche geradezu ein notwendiges Erfordernis. Die erdgeschichtliche Aufeinanderfolge der Faunen bringt in den Grundzügen dasselbe Fortschreiten vom Einfachen zum Zusammengesetzten zum Ausdruck, wie die embryonale Entwicklung, und begründet

damit einen bedeutsamen Parallelismus, welcher durch die Abstammungslehre des Charakters der Zufälligkeit entkleidet wird; denn die fossilen Tierreste sind in solchem Sinne nichts weiter als steinerne Zeugen einer stammesgeschichtlichen Entwicklung der Tierwelt, welche den Gang der Embryonalentwicklung bestimmte.

Ein zweites wichtiges Zeugnis, welches die Deszendenztheorie der Paläontologie verdankt, betrifft die Thatsache, daß zahlreiche fossile Tierformen, die sogen. Embryonaltypen, Merkmale zur Schau tragen, welche embryonalen Charakteren recenter Tiere mehr oder weniger entsprechen. Dadurch wird die Vergleichbarkeit der embryologischen Zustände mit fertig ausgebildeten wesentlich erweitert und die Richtigkeit des biogenetischen Grundgesetzes auch auf paläozoologischem Gebiete dargethan. Fossile Fische der ältesten Formationen beispielsweise besaßen zeitlebens einen knorpeligen Bau ihrer Wirbelsäule, ein Verhalten, welches dem embryonalen Zustand dieses Organs bei den Knochenfischen unserer heutigen Tierwelt durchaus entspricht.

Weitere Stützen für die Abstammungslehre liefert die fossile Tierwelt in den Mischformen, Kollektivtypen genannt, welche Charaktere vereinigt zeigen, die sonst auf verschiedene, verwandtschaftlich oft weit von einander entfernte Tiere verteilt sind. Ein vortreffliches Beispiel solcher Vorkommnisse ist der berühmte Archäopteryx, das „gefiederte Reptil" der Juraformation, ein etwa taubengroßes Tier, welches mit typischen Merkmalen der Vögel, in erster Linie der Befiederung, ausgesprochene Charaktere der Reptilien, wie die Bezahnung, verband und zweifellos das Bindeglied zwischen Reptilien und Vögeln darstellt.

Endlich haben wir noch die von der Paläozoologie auf-

gedeckten Formenreihen hervorzuheben, welche innerhalb kleinerer Tiergruppen durch den Nachweis der vermittelnden Zwischenformen die allmähliche stammesgeschichtliche Hervorbildung differenter Arten aus einander unmittelbar darthun. Das klassische Beispiel dieser Art ist der auf solchem Wege erbrachte Nachweis, daß der einhufige Fuß unseres heutigen Pferdes aus einer fünfzehigen Stammform hervorgegangen ist, indem in den Deszendenten der letzteren eine schrittweise Rückbildung von vier Zehen bei gleichzeitiger kräftigerer Ausbildung der Mittelzehe stattfand, die schließlich zum gegenwärtigen Bau des Pferdefußes führte (Fig. 78).

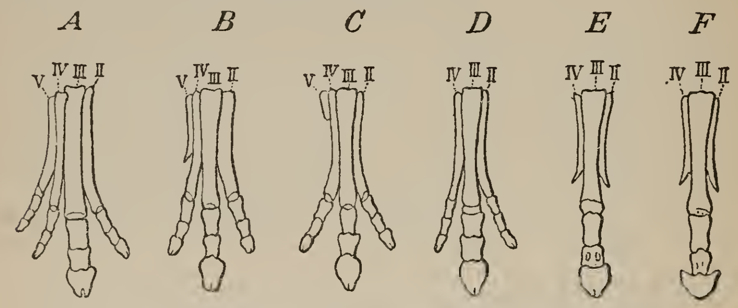


Fig. 78. Vorderfuß der Vorfahren des Pferdes vom vierzehigen Zustande ab. A Orohippus, B Mesohippus, C Miohippus, D Protohippus, E Pliohippus, F Pferd. II—V zweiter bis fünfter Finger.

Das Gesagte läßt zur Genüge erkennen, daß auch die Thatsachen der Paläozoologie gleich denjenigen der Anatomie und Ontogenie einer befriedigenden Beurteilung durch die Theorie der Abstammung fähig sind, ja im Zusammenhange ihrer Erscheinungen zu einer solchen Vorstellung hinleiten, weil diese eine einfache und natürliche Erklärung derselben zu geben vermag.

2. Die Zuchtwahllehre.
(Selektionstheorie.)

Wenn es als eine ausgemachte Sache gelten darf, daß die tierischen Arten sich aus einander entwickelt haben, so erhebt sich im Zusammenhange damit alsbald die weitere Frage: wie konnten sie aus einander hervorgehen, oder bestimmter gesprochen, wie vermochte eine neue Art aus einer bereits vorhandenen zu entstehen? Die menschlichen Stammbäume beziehen sich ja immer nur auf Menschen, also gleichgeartete Geschöpfe, die tierischen dagegen auf die Individuenkreise der verschiedenen Arten. Demnach handelt es sich bei den Tieren nicht bloß um den Nachweis der auf Abstammung beruhenden Ausbildung derselben, den uns die Abstammungslehre lieferte, sondern auch darum, die dabei vorsichgehende Produktion neuer Arten verständlich zu machen. Der Lösung des letzteren Problems dient die Zuchtwahllehre, das Lebenswerk Darwin's.

Es scheint auf den ersten Blick, als ob die Entstehung einer Art aus einer anderen unmöglich wäre, weil ja infolge der Vererbung die Nachkommen ihren Erzeugern gleichen müssen. In der That basiert darauf die relative Konstanz der Arten, welche unseren menschlichen Zeitbegriffen entspricht. Aber schon innerhalb dieser nehmen wir wahr, daß kein Individuum einem zweiten derselben Art so vollkommen gleicht, daß sie identisch wären. Wir haben das Auftreten solcher, das individuelle Gepräge der einzelnen Tierpersonen bedingenden Merkmale bereits als eine allgemeine Erscheinung in der Tierwelt kennen gelernt und als Variabilität bezeichnet. Auf diesen unscheinbaren individuellen Eigentümlichkeiten, deren Mannigfaltigkeit unendlich ist und die innerhalb engerer oder weiterer Grenzen bei allen Tierarten vorkommen, beruht

die Umbildungsfähigkeit der Arten, die zur Entstehung neuer Spezies Anlaß giebt.

Um uns einen solchen Vorgang klar zu machen, empfiehlt es sich wieder, an Verhältnisse anzuknüpfen, die uns aus dem täglichen Leben bekannt sind. Jedermann weiß, daß sich der Mensch eine Anzahl Tierarten gezähmt und dienstbar gemacht hat, die wir als Haustiere bezeichnen. Nicht minder ist es eine allgemein geläufige Erfahrung, daß der Mensch auf dem Wege künstlicher Züchtung aus diesen Arten eine große Zahl neuer Formen, die sogen. domestizierten Rassen, erzeugt hat, deren anatomische Differenzen meist größer als die zwischen Arten wildlebender Tiere vorhandenen sind. Die zahlreichen Hühner-, Tauben-, Pferde-, Hunderassen u. s. w. sind genugsam bekannte Erscheinungen, um das Gesagte zu bezeugen. Daß wir hierbei von Rassen und nicht von Arten sprechen, hat den einfachen Grund, daß die Entstehung der Rassen eine künstliche ist und wir auch den Zusammenhang kennen, in welchem dieselben hervorgebracht wurden, da wir denselben selbst bestimmt haben. Wir brauchen also nur das Vorgehen des Tierzüchters zu beobachten, wenn er eine neue Tierrasse züchtet, um zu sehen, wie aus einer gegebenen Tierform eine neue entsteht, deren Bau von dem der ersteren mindestens so verschieden ist, wie dies bei den Arten im freien Naturstande der Fall ist. Damit ist unser Problem freilich noch nicht gelöst, denn es fragt sich dann noch, ob ein der künstlichen Züchtung entsprechender Vorgang im freien Naturleben nachgewiesen werden kann.

Der leichteren Verständlichkeit halber wollen wir ein recht einfaches Beispiel wählen und annehmen, es handle sich um die Hervorbringung einer Taubenrasse von völlig weißem Gefieder. Um eine solche zu erzielen, nimmt der Züchter aus

den ihm zu Gebote stehenden Tauben das Paar, dessen Federkleid die meisten weißen Federn aufweist, also durch ein individuelles Merkmal ausgezeichnet ist. Von den Nachkommen dieses Stammpaares wählt der Züchter in den aufeinanderfolgenden Generationen immer wieder dasjenige Paar zur Weiterzucht aus, welches die Eigentümlichkeit der beabsichtigten Rasse am besten ausgebildet zeigt. Dies wird dadurch fortgesetzt erleichtert, daß erfahrungsgemäß in demselben Maße, in welchem die von dem Züchter immer in gleichem Sinne geübte Auslese (= Zuchtwahl) unter den Individuen der aufeinanderfolgenden Generationen andauert, nicht nur die Zahl der Individuen wächst, welche die dem gewünschten Merkmal entsprechendere Besonderheit tragen, sondern auch diese selbst sich steigert und befestigt. Das Ergebnis der züchtenden Thätigkeit des Menschen ist in unserem Falle schließlich die bezweckte Taubenform, die neue Rasse mit weißer Befiederung und ebenso gestalteten Nachkommen.

Das unserem Beispiel zu Grunde liegende Verfahren ist thatsächlich das von den Züchtern geübte, durch welches in oft überraschend kurzer Zeit eine neue Rasse ins Leben gerufen wird.

Zergliedern wir nun dieses Verfahren, so können wir vier bewirkende Faktoren in demselben nachweisen:

1. Die Variabilität, welche dem Züchter überhaupt Tauben mit einigen weißen Federn — einem individuellen Merkmal — zur Verfügung stellt,

2. Die Auslese oder Zuchtwahl, durch welche immer nur solche Individuen zur Nachzucht verwendet werden, welche dasselbe Merkmal am besten entwickelt zeigen,

3. Die Vererbung, kraft welcher das für die Auslese entscheidende Merkmal in den successiven Generationen erhalten, gesteigert und gefestigt wird, und endlich

4. Der züchtende Mensch, welcher den ganzen Vorgang nach den von ihm beabsichtigten Zwecken einrichtet.

Das Resultat des Züchtungsprozesses ist die entsprechend der Absicht des züchtenden Menschen gebildete neue Rasse, die in solchem Sinne demnach als zweckmäßig gebaut erscheint.

Im Grunde beruht also die künstliche Züchtung auf der systematischen und planmäßigen Ausgestaltung eines zufälligen individuellen Merkmals zu einem ständigen Rassencharakter. Gelänge der Nachweis, daß im freien Naturleben individuelle Besonderheiten irgendwie in Artmerkmale umgewandelt werden können, so wäre die Frage nach dem „Wie“ der Entstehung einer Art aus einer anderen beantwortet. In der That läßt sich der geforderte Beweis aus dem Naturgeschehen selbst erbringen.

Zunächst sind die beiden Faktoren der Variabilität und der Vererbung elementare biologische Thatsachen, die für eine natürliche Züchtung so gut wie für die künstliche, bei welcher sie der züchtende Mensch seinen Zwecken gemäß benützt, verwertbar sind. Aber auch eine Auslese findet zweifellos im freien Naturleben statt, denn erfahrungsgemäß gelangen niemals alle Individuen einer Brut, sondern nur ein meist sogar sehr kleiner Bruchteil derselben zur Fortpflanzung, weil die übrigen vorzeitig den mannigfaltigen Fährlichkeiten des Daseins erliegen. Diese natürliche Auslese ist nun nicht, wie es der oberflächlichen Beobachtung scheinen möchte, regellos, willkürlich und zufällig, sondern wird durch Verhältnisse, die wir gleich kennen lernen werden, in gesetzmäßiger Weise bestimmt.

In verschwenderischer Fülle sind fast ausnahmslos die tierischen Organismen zur Hervorbringung von Keimen befähigt, und zwar umsomehr, je komplizierter sich die Ent-

wicklung der letzteren in der Hinsicht gestaltet, ob die sich entwickelnde Brut größeren oder geringeren Gefahren ausgesetzt ist. Schon während des Embryonallebens geht fast immer ein ansehnlicher Teil der Brut zu Grunde, und diejenigen Nachkommen, welche, sei es als Larven, sei es als fertige Tiere, zum selbständigen Leben gelangen, treten damit gleichzeitig in einen Zustand steter, wenn auch unbewußter Konkurrenz unter einander und mit den übrigen Artgenossen ein, die alle dieselben Existenzbedingungen haben, ein Wettbewerb, welcher durch mannigfache Umstände, vor allem und in augenfälliger Weise durch die zum Leben notwendigen Bedürfnisse der Ernährung und des Schutzes, bewirkt wird. Gerade hinsichtlich der Nahrung z. B. ist ein beständiges Ringen der gleichartigen Individuen erkennbar und auch unvermeidlich, weil die Produktionsfähigkeit der Tiere an Individuen und damit an Nahrungsbedürfnissen zu groß ist, als daß die von der Natur gebotenen Nahrungsquellen bei ihrer räumlichen Begrenzung mit denselben Schritt zu halten vermöchten. Aus solchen Mißverhältnissen resultiert daher mit Notwendigkeit ein in seiner Schärfe und seinen Formen vielfältig wechselnder, unbewußter, allgemeiner Wettbewerb der Organismen, welcher als Kampf ums Dasein bezeichnet wird und dasjenige bewirkt, was wir natürliche Auslese nannten. Im Naturleben vollzieht sich also eine durch die Wirksamkeit des Kampfes ums Dasein geregelte, fortwährende natürliche Zuchtwahl. Sie bedingt einen dauernden Gleichgewichtszustand im Gesamtleben der Tierwelt, der nur in engen Grenzen und nur vorübergehend Schwankungen gestattet, weil der in solchen Fällen dann schärfer sich bethätigende Daseinskampf alsbald wieder ausgleichend eingreift und das gestörte Gleichgewicht herstellt, ein Verhalten, welches nichts

Wunderbares an sich hat, sondern den natürlichen Bedingungen des Zusammenlebens der Tiere entspringt.

Es ist nun klar, daß die Ausrüstung, d. i. der Bau der einzelnen Individuen im Kampf ums Dasein den Ausschlag geben muß, ob ein Individuum überlebt, ausgelesen wird, oder ob es zu Grunde geht. Da nemlich die Artcharaktere im Wesentlichen allen Artgenossen in gleicher Weise zukommen, können allein die individuellen Merkmale die Verschiedenheiten der Ausrüstung bedingen: Die individuellen Variationen sind für den Daseinskampf ihrer Träger entweder nützlich oder schädlich und wohl nur selten indifferent. Die im Kampf ums Dasein erfolgende Auslese (Selektion) ergibt sich daraus von selbst derart, daß die mit nützlichen individuellen Merkmalen ausgestatteten und so für den Wettbewerb passenderen Individuen die ungünstiger beschaffenen Genossen überleben. Die ersteren kommen zur Fortpflanzung, und in den Generationsfolgen ihrer Nachkommenschaft werden die nützlichen Eigenschaften kraft der Vererbung gesteigert und gefestigt — gezüchtet, und schließlich erscheint eine Tierform, bei welcher jene ursprünglich individuellen Merkmale zu Artcharakteren geworden sind. Damit ist aber eine neue Art ins Leben getreten. Durch die natürliche Züchtung werden also neue Arten erzeugt, und zwar wie bei der künstlichen dadurch, daß individuelle Merkmale zu Artmerkmalen gezüchtet werden, aber nicht wie bei dieser nach vorbedachten Zwecken, sondern gemäß der Nützlichkeit für die jeweilige Form des Daseinskampfes. Diese wird selbstredend durch die äußeren Existenzbedingungen bestimmt; soll daher die große Mannigfaltigkeit der Tierarten durch Naturzüchtung entstanden sein, dann muß ein, wenn auch für die Spanne eines Menschenlebens kaum oder gar nicht merklicher, aber steter Wechsel dieser Bedingungen stattgefunden

haben, mit welchem wieder ein beständiger Wandel der individuellen Eigentümlichkeiten nach Nutzen und Schaden sich verband. Es ist keine willkürliche Annahme, sondern ein wohlbegründetes Ergebnis der geologischen Forschung, daß ein solcher Wechsel der allgemeinen Lebensbedingungen in der Bildungsgeschichte der Erdrinde bestand und sich ebenso noch heute vollzieht.

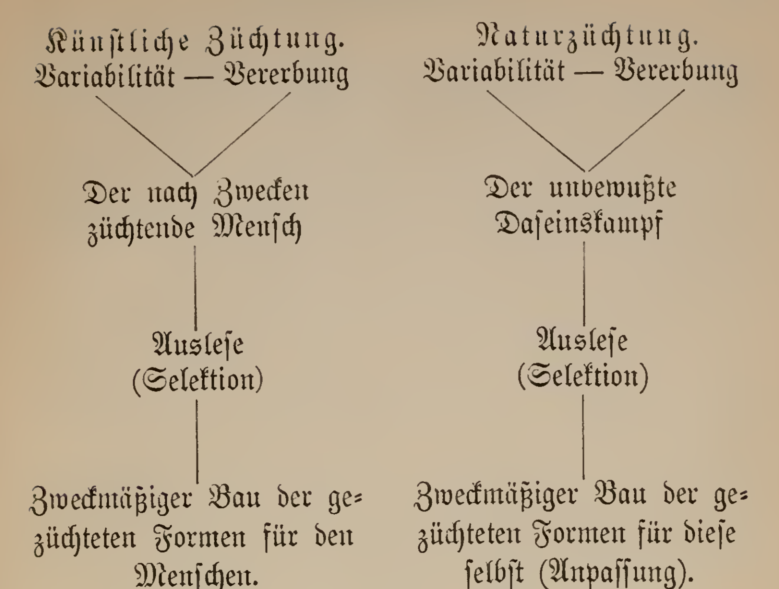
Daß der Bau der Tiere sich in der Hauptsache als ein durchaus zweckmäßiger erweist, ist nach dem Dargelegten selbstverständlich, denn, wenn immer nur die für den Existenzkampf am besten, also am zweckentsprechendsten ausgerüsteten Individuen überleben, die andern aber zu Grunde gehen, so folgt daraus mit Notwendigkeit, daß die Organisation der ersteren für die jeweils gegebenen Verhältnisse vollkommen zweckmäßig erscheinen muß. Im Grunde bedeutet das nichts anderes, als was wir Anpassung nennen und so gern als eine wunderbare Einrichtung anstaunen, während sie thatsächlich eine einfache und natürliche Folge des im Naturleben waltenden Selektionsprozesses darstellt.

So verdanken die Arten ihre Entstehung einem universellen naturgesetzlichen Züchtungsvorgang, für welchen die Variabilität das Material liefert, aus dem der Kampf ums Dasein eine unbewußte — mechanische — Auslese trifft, eine Zuchtwahl gemäß der Nützlichkeit, wobei die Vererbung die nützlichen Variationen steigert und endlich als Artcharaktere befestigt. Dieser Selektionsprozeß begann mit der Entstehung des Lebens auf unserer Erde und dauert fort durch die Epochen der Erdgeschichte, neue Formen schaffend, alte zerstörend, bis zum gegenwärtigen Tage und wird weiter so bestehen, solange lebende Wesen die Erdoberfläche bevölkern: Ein beständiges Werden und Vergehen und in diesem doch immer dieselbe

treibende Kraft, die Naturzüchtung — „der ruhende Pol in der Erscheinungen Flucht."

An Eines müssen wir uns aber auch hierbei erinnern, die Korrelation der Organe. Wenn beispielsweise ein Hirsch durch die besondere, das gewöhnliche Maß überschreitende Größe des Geweihes — eine individuelle Variation — ausgezeichnet ist, so tritt dieses Merkmal nicht für sich allein auf, sondern im Zusammenhange mit einer kräftiger ausgebildeten Muskulatur des Nackens und Halses und vor allem mit einer entsprechenden Verdickung der das Geweih tragenden Schädelwand: Die individuelle Variation eines Teiles bringt in engerem oder weiterem Umfange auch eine gleichzeitige und meist auch gleichsinnige Variation eines oder mehrerer Teile im Organismus mit sich. Damit wird die formbildende Wirksamkeit der natürlichen Zuchtwahl begreiflicher Weise wesentlich erweitert und begünstigt.

Vergleichen wir nun den Prozeß der Naturzüchtung mit dem der künstlichen Züchtung seitens des Menschen, so sind die Voraussetzungen, Variabilität und Vererbung, bei beiden dieselben. Das Ergebnis ist allerdings auch in beiden Fällen insofern dasselbe, als eine Zweckmäßigkeit im Bau der gezüchteten Tiere resultiert; diese Zweckmäßigkeit des Baues bezieht sich aber bei der künstlichen Zuchtwahl auf das Interesse des Menschen, liegt also außerhalb der gezüchteten Tiere, während sie im Falle der Naturzüchtung den Tieren selbst zu gute kommt. Was ferner bei der künstlichen Züchtung der zwecksetzende Verstand des Menschen mit Absicht bestimmt, die Auslese oder Selektion, bewirkt im Naturgeschehen unabsichtlich das unbewußte, aber gesetzmäßige, kurz das mechanische Walten des Daseinskampfes. Die nachstehenden beiden Schemata lassen das Gesagte noch klarer erkennen.



Zum Schluße wollen wir die geschilderten Vorgänge der Naturzüchtung an einem Beispiel erläutern.

Denken wir uns eine Anzahl Hasenpaare nach dem hohen Norden, in die Polargegenden versetzt und nehmen wir an, daß sie dort trotz des Klimawechsels bestehen könnten; sehen wir ferner ab von den Ernährungsbedingungen und ziehen wir bloß die Bedürfnisse des Schutzes vor den Nachstellungen der natürlichen Feinde, der Raubtiere, die jene Gegenden bewohnen, in Betracht, so kann es gar nicht anders sein, als daß alsbald die natürliche Zuchtwahl sich geltend macht. Die versetzten Hasenindividuen bieten ja inviduelle Variationen des Haarkleides, das bei einigen heller, bei anderen dunkler gefärbt ist, dar, die für den Kampf um's Dasein ihrer Träger verschieden geeignet sind. Eine hellere Färbung der Behaarung wird ihren Träger weniger auffallend in der umgebenden Eisnatur erscheinen lassen, als dunkle Behaarung; die Hasen von

ersterem Charakter werden deswegen weniger leicht von ihren Feinden erkannt werden und denselben zum Opfer fallen, als die solch nützlicher Merkmale entbehrenden Individuen. Der Kampf um's Dasein wird daher fortgesetzt die hellgefärbten, weil passender ausgerüsteten Hasen in den aufeinanderfolgenden Generationen auslesen und die andersgestalteten vernichten. Indem hierbei die entscheidenden nützlichen Variationen durch die erbliche Uebertragung von Generation zu Generation gesteigert und befestigt werden, zu Artmerkmalen werden, erscheint schließlich die ursprüngliche Hasenart — die Stammart — in eine neue umgebildet mit völlig weißem Haarkleid. Ist es da noch wunderbar, daß der Polarhase eine durchaus weiße Behaarung zeigt, und sein Vetter, der Alpenhase, der zur Sommerszeit graubraun gefärbt ist, im Winter, wenn die Höhen der Alpen sich tief herab mit Schnee bedecken, das Sommerkleid ablegt und sich gleichfalls in Weiß hüllt? Anpassung beherrscht eben Bau und Leben der Tiere als notwendige Folge und beredtes Zeugnis zugleich des unablässigen Waltens der natürlichen Zuchtwahl.

Es muß dahingestellt bleiben, ob die Naturzüchtung den einzigen formbildenden Faktor in der lebenden Natur darstellt; zur Zeit können wir jedenfalls mit Sicherheit keinen anderen namhaft machen, zumal die Vererbung der sogen. erworbenen Eigenschaften durchaus fraglich geworden ist. Derartige Eigenschaften charakterisieren sich dadurch, daß sie nicht vom Keime her verursacht sind, sondern während des individuellen Lebens selbständig erworben werden, und man meinte, daß diese bei der Fortpflanzung erblich übertragen und dann, sofern sie für ihre Träger nützlich sind, durch die natürliche Zuchtwahl in Artmerkmale übergeführt werden könnten. Wenn z. B. durch kleine Abänderungen in

der Lebensweise eines Tieres gewisse Muskel desselben in besonderem Maße in Anspruch genommen werden und dadurch zu verstärkter Ausbildung gelangen, so werde — dachte man — diese im individuellen Leben erworbene kräftigere Muskulatur auf die Nachkommen vererbt, eine Annahme, welche indes thatsächlich nirgend einwandfrei bezeugt werden kann.

Die Lehre von der natürlichen Zuchtwahl eröffnet uns das ursächliche Verständnis für die Theorie der Abstammung, sie erklärt die letztere. Wenn uns diese auf Grund einer überwältigenden Thatsachenfülle lehrt, daß die Tierarten aus einander hervorgegangen sind, so zeigt die Selektionstheorie, wie dieselben entstanden sind. Erst durch die Entwicklungslehre erhalten daher die zoologischen Thatsachen eine aufklärende Verbindung, einen Zusammenhang geschichtlicher Art, welcher eine befriedigende Einsicht in die Tierwelt gewährt. Die Geschichte der Tierwelt bedeutet die Erklärung der Tierwelt. —

Wir sind am Ende unserer Darlegungen. Wunderbar erscheint uns in ihrem Zusammenhange wechselseitiger Bedingtheit die tierische Erscheinungswelt — und doch, wie einfach und natürlich sind die bewegenden Kräfte, welche sie hervorrufen und erhalten! Freilich, Sinn und Zweck des Ganzen ergründen wir nicht —, vielleicht hat es keinen und ist die Frage falsch. Darüber zu urteilen, wenn es überhaupt möglich ist, ist nicht Sache der Naturwissenschaft. Eingedenk vielmehr der dem menschlichen Erkenntnisvermögen gezogenen natürlichen Schranken bescheidet sich die Naturwissenschaft jenen letzten Fragen gegenüber, welche die Betrachtung des Naturwaltens jedem denkenden und fühlenden Menschen auf die Lippen zwingt, mit dem Spruche Göthes:

„Willst Du ins Unendliche schreiten,
Geh nur im Endlichen nach allen Seiten.“

Register.

Pfälz. Kurier: Auch in der **griechischen Altertumskunde von Dr. R. Maisch** ist die Darstellung concis und, ohne den wissenschaftlichen Charakter zu verleugnen, populär im besten Sinne des Wortes.

Lehrer-Zeitung: Wenn eine kurzgedrängte **physikalische Geographie** aus der Feder eines so tüchtigen Fachmannes, wie es Prof. Günther in München ist, erscheint, so ist von vornherein zu erwarten, daß das nur etwas Gutes sein kann. Jeder, der das Buch liest, wird sehen, daß er sich in dieser Erwartung nicht getäuscht hat.

Ausland: **Kaum je ist mir ein Buch zu Gesicht gekommen,** das wie **Rebmann's „der menschliche Körper** und **Gesundheitslehre"** auf so kleinem Raum ein so klares Bild von dem Bau und den Thätigkeiten des menschlichen Körpers geboten hätte. Ich stehe nicht an, das Werkchen als **ein für den Unterricht höchst brauchbares** zu bezeichnen.

Littbl. d. dtsch. Lehrerztg.: Die beiden Bändchen **„Hartmann von Aue &c."** und **„Walther von der Vogelweide"** geben eine Auswahl des **Besten aus dem Besten** unserer **altklassischen deutschen Litteratur** im ursprünglichen Text und gewähren somit für ein Billiges einem jeden Gebildeten die Möglichkeit, die alten Perlen unserer Litteratur in ihrer kernigen, kraftvollen Ursprache selbst kennen zu lernen.

Allg. Zeitung (München): Ellinger bietet in **„Kirchenlied und Volkslied,** geistliche und weltliche Lyrik des 17. und 18. Jahrhunderts bis auf Klopstock" den Schülern ein Handbuch, das den Verständigeren für den deutschen Unterricht gewiß **hochwillkommen** ist.

Berl. philolog. Wochenschrift: **Steuding, griechische und römische Mythologie.** Die überaus schwierige Aufgabe, den wesentlichsten Inhalt auf nur 140 Kleinoktavseiten übersichtlich und gemeinverständlich darzustellen, ist von dem Verfasser des vorstehenden, in der bekannten Art der „Sammlung Göschen" ausgestatteten Büchleins **in höchst anerkennenswerter Weise gelöst worden.**

Zeitschr. f. dtsch. Unterricht: Die **„Althochdeutsche Litteratur'** Schauffler's ist eine **hocherfreuliche Gabe;** sie beruht überall auf den neuesten Forschungen und giebt im Anschluß an Braune, Sievers, Paul, Müllenhoff und Scherer u. a. überall das Wichtigste und Wissenswerteste in knappster Form.

Natur: Es ist geradezu erstaunlich, wie es der rühmlichst bekannte Verlag ermöglicht, **für so enorm billige Preise** so **vorzüglich ausgestattete Werkchen** zu liefern. Das vorliegende Bändchen bringt in knapper und verständl.cher Form das Wissenswerteste der **Mineralogie** zum Ausdruck. Saubere Abbildungen erleichtern dem Schüler, für den es in erster Linie bestimmt ist, das Verständnis.

Globus: Es ist **erstaunlich, wie viel diese kleine Kartenkunde bringt,** ohne an Klarheit zu verlieren, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß **viele Abbildungen** den Raum stark beengen. **Vortrefflich** wird die **Kartenprojektionslehre** und die **Topographie geschildert.**

Nationalzeitg.: Es ist **bis jetzt in der deutschen Litteratur wohl noch nicht dagewesen,** daß ein Leinwandband von fast 300 Seiten in vorzüglicher Druck- und Papierausstattung zu einem Preis zu haben war, wie ihn die „Sammlung Göschen" in ihrem neuesten Bande, Max

Koch's Geschichte der deutschen Litteratur für den Betrag von sage **achtzig Pfennige** der deutschen Leserwelt bietet.

Prakt. Schulmann: Ein **Meisterstück kurzen** und **bündigen**, und doch **klaren** und **vielsagenden Ausdrucks** wie die „Deutsche Litteraturgeschichte" von Prof. M. Koch ist auch die vorliegende **„Deutsche Geschichte im Mittelalter"**.

Natur: In der **Chemie** von Dr. Klein empfängt der Schüler fast mehr, wie er als Anfänger bedarf, mindestens aber so viel, daß er das Wissenswürdigste als unentbehrliche Grundlage zum Verständnisse der Chemie empfängt. . .

Kunst f. Alle (München): K. Kimmich behandelt in seinem Bändchen, „Zeichenschule" benannt, in **knapper, kerniger, sachlich-zielbewußter Form** das weite Gebiet des bildmäßigen Zeichnens und Malens. . . . Gleich nutzbringend und in reichstem Maße bildend für Lehrer, Schüler und Liebhaberkünstler, möchte ich das **wirklich vorzügliche Werk** mit warmen anerkennenden Worten der Einführung in Schule, Haus und Werkstatt zugänglich machen. Die Ausstattung ist dabei eine so vornehme, daß mir der Preis von 80 Pfennigen für das gebundene Werk von 138 Seiten kl. 8° wirklich **lächerlich billig** erscheint. Nicht weniger als 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck, sowie 135 Voll- und Textbilder illustrieren den **äußerst gesunden Lehrgang** dieser Zeichenschule in **feinfühlender Weise**.

Jahresber. üb. d. höh. Schulw.: . . . . Das klar geschriebene und übersichtlich geordnete Büchelchen wird wie für Schüler höherer Klassen, so auch für jeden Gebildeten eine anziehende Lektüre sein. . . .

Schwäb. Merkur: **Prof. G. Mahler** in Ulm legt uns eine Darstellung der **ebenen Geometrie** vor, die bis zur Ausmessung des Kreises einschließlich geht. Besondere Sorgfalt ist der Auswahl und Anordnung der Figuren zu teil geworden, deren saubere Ausführung in 2 Farben angenehm berührt.

Globus: **Hoernes, Urgeschichte.** Der bewährte Forscher auf **vorgeschichtlichem Gebiete** giebt hier in **knappster** Form die lehrreiche Zusammenstellung des Wissenswertesten der Urgeschichte. **Vortrefflich geeignet zur Einführung und zum Ueberblick.**

Preußische Schulztg.: Die Schrift von **Hommel „Geschichte des alten Morgenlandes"** kann nur **warm empfohlen** werden, denn der Verfasser hat es verstanden, auf gedrängtem Raume einen auf den neuesten Forschungen beruhenden trefflichen Abriß der Geschichte der alten Kulturvölker Asiens und Aegyptens zu liefern.

Lpzgr. Ztg. (Wissensch. Beil.): „Die **Pflanze" von Dr. E. Dennert** können wir bestens empfehlen. In kürzester, knappester, **sehr klarer und verständlicher Form** weiß sein Verfasser alles Wissenswerteste über den inneren und äußeren Bau und über die Lebensverrichtungen der Pflanze zur Anschauung zu bringen, wozu seine **ganz vortrefflichen, selbstgezeichneten Textabbildungen** außerordentlich viel beitragen helfen.

Schwäb. Merkur: Die **Römische Altertumskunde** von **Dr. Leo Bloch** behandelt kurz und klar die Verfassungsgeschichte, die Staatsgewalten, Heerwesen, Rechtspflege, Finanzwesen, Kultus, das Haus, die

Kleidung, die Bestattung und andere öffentliche und häusliche Einrichtungen der Römer ....

Weimarsche Zeitg.: **Waltharilied.** Mit dieser Uebersetzung wird uns eine hochwillkommene und von Litteraturfreunden längst ersehnte Gabe geboten. ... Von einer guten Uebersetzung ist zu verlangen, daß sie, sinn- und zugleich möglichst **wortgetreu,** ohne dem Urtext, wie der deutschen Sprache Gewalt anzuthun, den Geist des Originals klar und ungetrübt wiederspiegele. **Dieser Forderung gerecht zu werden, hat Althof in meisterhafter Weise verstanden.**

Blätter f. d. bayr. Gymn.-Schulw.: **Swoboda, Griech. Geschichte.** Schon der Name und der Ruf des Verfassers bürgt dafür, daß wir nicht etwa bloß eine trockene Kompilation vor uns haben, **überall zeigen sich die Spuren selbständiger Arbeit.**

Prakt. Schulmann: **Seyfert, Schulpraxis.** Es wird in **gedrängter Darstellung ein reicher, wohldurchdachter, den neuesten pädagogischen Bestrebungen gerecht werdender Inhalt** geboten und für den, der tiefer eindringen will, ist gesorgt durch reichhaltige Litteraturnachweise.

Zeitschr. f. d. Realschulw.: Es war ein glücklicher Gedanke der rührigen Verlagshandlung, die Abfassung des der Einführung in die **Arithmetik und Algebra** dienenden Bändchens ihrer „Sammlung" dem hochgeachteten Fach- und Schulmanne **Prof. Dr. Schubert** zu übertragen .... Der Verfasser wußte die Schwierigkeiten mit großem Geschick zu bewältigen, indem er durch einen **streng systematischen Aufbau** des arithmetischen Lehrgebäudes der Fassungskraft des Anfängers möglichst Rechnung trug und dabei nur das Hauptsächliche ins Auge faßte. — **Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik von Prof. Th. Bürklen** .... Die durch **reinen Druck** und **geschmackvolle Ausstattung** sich auszeichnende „**Formelsammlung**" wird infolge ihres **reichen vielseitigen Inhaltes,** ihrer **zweckentsprechenden Anordnung** und **orientierenden Gliederung** als Nachschlagebuch vorzügliche Dienste leisten.

Grenzboten: **Das Fremdwort im Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul. Ein lehrreiches Büchlein,** das in seinen engen Wänden .... **eine Fülle von Sprachbelehrung bietet,** die jeden fesseln muß, der nur einigermaßen das Bedürfnis fühlt, sich über Sprachdinge Aufklärung zu verschaffen. Der Verfasser hat sich schon durch zahlreiche volkstümliche Bücher über die Sprache und ihr Leben bekannt gemacht, er hat eine ausgebreitete, sichere Kenntnis der Sprach- und Wortgeschichte, hat mit Ausdauer auf diesem Gebiete gesammelt und weiß seinen Stoff immer geschickt zu gruppieren und vorzutragen. ...

Staatsanzeiger: Die **Römische Litteraturgeschichte** ist eine **geistvolle glänzende Arbeit.** Einsender hat dieselbe von Anfang bis Ende mit größtem Genuß durchgelesen und dabei Art und Entwicklung des römischen Schrifttums und damit des römischen Geisteslebens überhaupt besser und gründlicher verstehen gelernt, als durch manches vielstündige Universitätskolleg oder dickleibige Handbücher.

